

HEC MONTRÉAL

**Conception d'un réseau de distribution pour les producteurs
biologiques de petite culture**

par

Louis-Simon Frenette

**Sciences de la gestion
(Option logistique internationale)**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de maîtrise ès sciences en gestion
(M. Sc.)*

Novembre 2020
© Louis-Simon Frenette, 2020

Résumé

L'objectif principal de cette recherche est de comprendre et de résoudre les enjeux de distribution entourant les producteurs biologiques et de petite culture faisant partie de la Coopérative pour l'Agriculture de Proximité Écologique (CAPÉ) et de son initiative de mise en marché commun : les paniers Bio Locaux d'hiver. Il sera donc question de définir les difficultés rencontrées, d'identifier des opportunités d'amélioration et d'offrir du support pour l'implantation de celles-ci. Pour atteindre cet objectif, nous avons développé une revue de la littérature exhaustive, qui nous a permis de comprendre les enjeux des petits producteurs et les différentes solutions potentielles. Puis, nous avons réalisé des entrevues semi-dirigées avec les producteurs faisant partie de l'initiative Bio Locaux afin de connaître leur opinion face aux enjeux vécus et aux améliorations potentielles. Nous avons ensuite déterminé que des méthodes de distribution collaborative seraient adaptées à ce contexte. Actuellement, ce sont les producteurs qui acheminent leurs produits jusqu'à l'entrepôt, endroit à partir duquel les marchandises sont ensuite distribuées vers les points de chute par la CAPÉ. Trois modèles de distribution collaborative ont été retenus et testés. Dans le premier modèle, nommé **Tournées CAPÉ**, la CAPÉ se charge de faire la distribution entre les fermes et l'entrepôt. Dans le deuxième modèle, nommé **Mini-Hub**, la CAPÉ rejoint les producteurs à un point de rencontre entre les fermes et l'entrepôt. Dans le troisième modèle, nommé **Tournées Producteurs**, les producteurs collaborent pour la distribution. Afin de mesurer la performance de ces trois modèles, nous avons développé des modèles mathématiques pour les trois solutions potentielles. Les modèles ont été résolus avec un solveur commercial. Notre analyse comparative s'est basée sur des métriques qualitatives et quantitatives et nous avons comparé les trois modèles au réseau de distribution actuel. Finalement, nous avons constaté que le modèle **Tournées CAPÉ** était à la fois plus performant que le réseau de distribution actuel, mais également que les deux autres modèles testés. De plus, le modèle était également avantageux au niveau des coûts. Pour accompagner nos recommandations, nous avons suggéré une méthode de partage des coûts entre les producteurs de façon proportionnelle à la distance.

Mots clés : conception de réseau logistique, logistique collaborative, transport, distribution, modélisation mathématique

Table des matières

Résumé.....	iii
Table des matières.....	iv
Liste des tableaux et des figures	vii
Liste des abréviations.....	ix
Remerciements.....	xi
CHAPITRE 1 - INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 2 – REVUE DE LA LITTÉRATURE	7
2.1 Portrait du secteur agricole au Québec.....	7
2.2 Optimisation et conception de réseau appliqué au contexte.....	9
2.2.1 Conception de réseau logistique	10
2.2.2 Problème de tournées de véhicules.....	11
2.3 Logistique collaborative	13
2.3.1 Collaboration horizontale et développement durable	13
2.3.2 Partage des coûts.....	15
CHAPITRE 3 - MÉTHODOLOGIE.....	17
3.1 Méthodologie qualitative.....	17
3.1.1 La population cible et la collecte de données	18
3.1.2 Guide d’entrevue	18
3.1.3 Contact de l’échantillon et éthique	19
3.1.4 Déroulement des entrevues.....	20
3.1.5 Résultats de l’étude qualitative.....	20
3.2 Optimisation du réseau.....	22
3.2.1 Modèles de distribution collaborative	23
3.2.2 Tournées CAPÉ	24
3.2.3 Mini-Hub	27
3.2.4 Tournées Producteurs	29
3.2.5 Partage des coûts.....	31

CHAPITRE 4 – RÉSULTATS	33
4.1 Description des données	33
4.2 Modèles de distribution collaborative	38
4.2.1 Réseau de Distribution Actuel	38
4.2.2 Tournées CAPÉ	41
4.2.3 Mini-Hub	43
4.2.4 Tournées producteurs.....	45
4.3 Analyse coûts-bénéfices	47
4.3.1 Comparaison des modèles	47
4.3.2 Tournées robustes	54
4.3.3 Partage des coûts.....	58
CHAPITRE 5 – RECOMMANDATIONS	61
5.1 Solution proposée	61
5.1.1 Tournées CAPÉ	61
5.1.2 Partage des coûts.....	62
5.1.3 Tournées robustes et semaines paires et impaires	62
5.1.4 Semaines paires et impaires.....	62
5.2 Discussions	63
5.2.1 Présentation au MAPAQ	63
5.2.2 Présentation à la CAPÉ.....	64
5.2.3 Généralisation	65
5.3 Solveur.....	66
CHAPITRE 6 - CONCLUSION	69
Références	71
Annexes.....	75
Annexe 1 : Guide d’entrevue.....	75
Annexe 2 : Courriel d’invitation à une entrevue	78
Annexe 3 : Formulaire de consentement pour les producteurs	79
Annexe 4 : Formulaire de consentement pour la CAPÉ	83
Annexe 5 : Certificat d’approbation du Comité d’éthique de la recherche.....	85

Annexe 6 : Caisses livrées par les producteurs durant la saison hivernale 2018-2019	
.....	87
Annexe 7 : Présentation pour le MAPAQ (version non confidentielle).....	88

Liste des tableaux et des figures

- Tableau 1 : Temps pour un aller-retour entre les producteurs et Moisson-Montréal
- Tableau 2 : Distances en kilomètres entre les producteurs et Moisson-Montréal
- Tableau 3 : Statistiques descriptives pour la saison 2018 – 2019
- Tableau 4 : Informations sur les producteurs
- Tableau 5 : Extrait de la matrice des distances
- Tableau 6 : Kilométrage parcouru par les producteurs durant la saison 2018 – 2019
- Tableau 7 : Coûts totaux par producteur pour le **Réseau de Distribution Actuel**
- Tableau 8 : Kilométrage du modèle **Tournées CAPÉ**
- Tableau 9 : Coûts totaux par producteur pour le modèle **Tournées CAPÉ**
- Tableau 10 : Kilométrage du modèle **Mini-Hub**
- Tableau 11 : Coûts totaux par producteur pour le modèle **Mini-Hub**
- Tableau 12 : Kilométrage du modèle **Tournées Producteurs**
- Tableau 13 : Coûts totaux par producteur pour le modèle **Tournées Producteurs**
- Tableau 14 : Comparaison du kilométrage par modèle
- Tableau 15 : Comparaison du nombre de voyages par modèle en pourcentage
- Tableau 16 : Comparaison des coûts par modèle
- Tableau 17 : Analyse coûts-bénéfices
- Tableau 18 : Analyse des percentiles de l'offre pour la saison hivernale 2018-2019
- Tableau 19 : Comparaison des différents percentiles
- Tableau 20 : Nombre de routes avec un, deux ou trois producteurs
- Tableau 21 : Proportion du kilométrage par producteur
- Tableau 22 : Différence entre les proportions des six méthodes de partage de coûts et celles du **Réseau de Distribution Actuel**
- Tableau 23 : Exemple de partage de coût selon la méthode proportionnelle – fin de saison

Figure 1 : Représentation graphique du **Réseau de Distribution Actuel**

Figure 2 : Exemple d'une caisse utilisée par les producteurs

Figure 3 : Représentation graphique du **Réseau de Distribution Actuel**

Figure 4 : Représentation graphique du modèle **Tournées CAPÉ**

Figure 5 : Représentation graphique du modèle **Mini-Hub**

Figure 6 : Représentation graphique du modèle **Tournées Producteurs**

Figure 7: Localisation des producteurs membres des Bio Locaux d'hiver

Figure 8 : Évolution de la demande par producteur durant la saison 2018 – 2019

Figure 9 : **Réseau de Distribution Actuel** – Semaine 1

Figure 10 : **Tournées CAPÉ** – Semaine 1

Figure 11 : **Mini-Hub** – Semaine 1

Figure 12 : **Tournées Producteurs** – Semaine 1

Figure 13 : Offre hebdomadaire des producteurs

Figure 14 : Capacité des camions des producteurs et de la CAPÉ

Figure 15 : Coûts d'usage du camion de la CAPÉ et salaire de l'employé

Figure 16 : Temps maximal d'une route

Figure 17 : Manutention globale et individuelle des producteurs

Figure 18 : Routes optimales pour la semaine 1

Figure 19 : Résultats de la semaine 1

Figure 20 : Coûts de la semaine 1

Figure 21 : Partage des coûts par producteur pour la semaine 1

Liste des abréviations

APMQ : Association des producteurs maraîchers du Québec

CAPÉ : Coopérative pour l'Agriculture de Proximité Écologique

ISQ : Institut de la Statistique du Québec

MAPAQ : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

TPS : Toyota Production System

Remerciements

Merci à mes directrices, Madame Marilène Cherkesly et Madame Marie-Ève Rancourt, sans qui ce mémoire n'aurait pu être conçu aussi efficacement. Je serai éternellement reconnaissant de votre patience et de votre support. Merci de m'avoir rassuré lorsque j'avais des doutes et de m'avoir encouragé à sortir de ma zone de confort.

Merci à l'équipe de la CAPÉ, en particulier, Philippe Béraud, Kevin Lamarche et Josée-Anne Bouchard, pour m'avoir partagé de précieuses données et de m'avoir invité à visiter l'entrepôt de la CAPÉ.

Merci à Mélanie, qui m'a soutenu et qui a enduré mes moments de stress et d'insécurité. Discuter avec toi après une longue journée de recherche m'a permis de garder ma paix d'esprit.

Merci à mes parents qui m'ont soutenu tout au long de cette aventure. Vous avez lu et relu mon mémoire et m'avez partagé vos opinions tout au long du processus, ce qui fut pour moi un atout indispensable.

CHAPITRE 1 - INTRODUCTION

Selon le Rapport Pronovost sur la Distribution des Fruits et Légumes (Dupont et Laplante, 2010), les circuits longs de distribution avec multiples intermédiaires ont un impact majeur sur les marges de profit des petits producteurs. En effet, ceux-ci n'ont généralement pas le volume nécessaire pour développer une relation commerciale avec des grossistes. C'est la raison pour laquelle plusieurs producteurs de petite culture se tournent vers les circuits courts. Dans les circuits courts, on retrouve moins d'intermédiaires (p. ex. grossistes et distributeurs), et l'objectif consiste à rapprocher les producteurs et les clients afin que les producteurs préservent la majorité des profits et développent une relation personnelle avec la clientèle. Les points de vente sont donc généralement dans les marchés publics et les fruiteries. Les producteurs peuvent également vendre leurs produits à une plus grande clientèle en combinant leur volume de ventes, c'est-à-dire en mettant en commun leurs produits et leurs ressources. C'est exactement l'idée qu'ont eue les fondateurs de la Coopérative pour l'Agriculture de Proximité Écologique (CAPÉ). Cette coopérative regroupe une centaine de producteurs, dont 13 mettant en commun leurs produits sous une seule marque : les paniers Bio Locaux d'hiver. La CAPÉ a également un programme Bio Locaux en été, mais nous nous sommes concentrés sur la saison hivernale, car les principaux problèmes se font ressentir durant cette saison.

Au niveau de la distribution en amont et de l'entreposage, la CAPÉ entrepose les produits livrés par les producteurs dans un entrepôt appartenant à Moisson-Montréal, où l'organisation loue une section de l'entrepôt. Dans le **Réseau de Distribution Actuel** des Bio Locaux d'hiver, chaque producteur gère la distribution de sa marchandise jusqu'à l'entrepôt de Moisson-Montréal. Il n'y a donc aucune collaboration entre les producteurs au niveau de la distribution des produits de leur ferme à l'entrepôt. La figure 1 illustre la situation actuelle de distribution des produits à partir des producteurs vers l'entrepôt de Moisson-Montréal. Tel qu'expliqué, dans ce réseau, chaque producteur est responsable de transporter ses produits jusqu'à Moisson-Montréal.

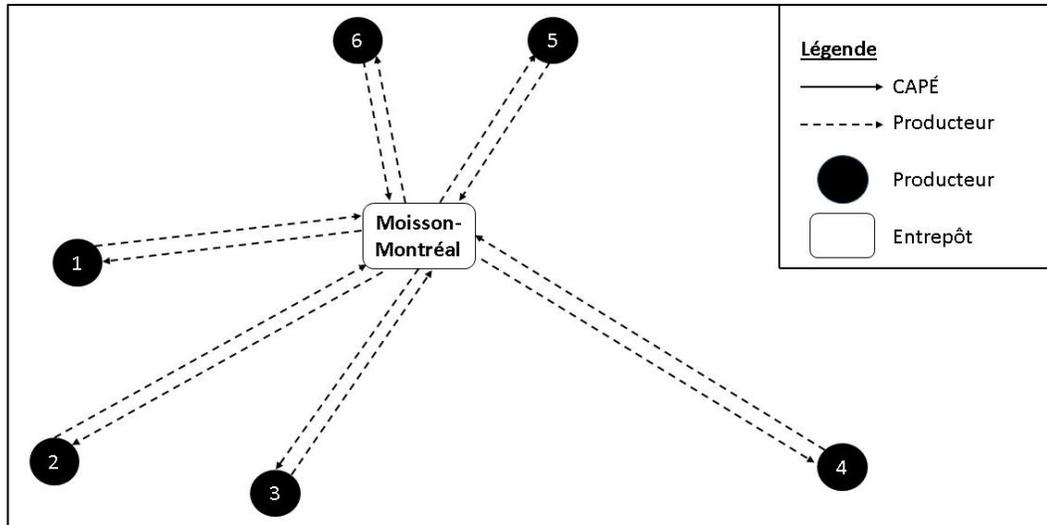


Figure 1 : Représentation graphique du Réseau de Distribution Actuel

Parmi les produits biologiques distribués, on retrouve une variété de légumes, fruits, pains, viandes et œufs. Certains de ces produits sont imposés par la CAPÉ, tels que les pommes, et d'autres sont au choix pour les consommateurs, telles que les carottes ou les pommes de terre. Cela permet à la CAPÉ de faciliter sa gestion des stocks et d'éviter des surplus ou des pénuries. Une fois les produits arrivés et entreposés à Moisson-Montréal, la CAPÉ transporte les produits vers différents points de chute à Montréal. Les clients (des individus) vont ensuite chercher leur panier directement à leur point de chute une fois aux deux semaines. Étant donné que les consommateurs récupèrent leurs commandes aux deux semaines, il y a un flux continu de distribution de la part des producteurs. Certains livrent aux deux semaines, mais pour la majorité des producteurs, il n'y a pas de constance dans la fréquence de distribution.

L'initiative Bio Locaux permet aux producteurs de combattre leur faiblesse principale, soit leur faible volume. En combinant leur volume sous une seule marque, les producteurs sont capables de rejoindre un plus grand marché. Pour les Bio Locaux d'hiver, les producteurs desservent plus de 1 000 clients à travers le Grand-Montréal.

Toutefois, la collaboration entre les producteurs complexifie le réseau de distribution et la coordination des membres. En ayant plusieurs acteurs dans le réseau et une demande commune, la CAPÉ doit continuellement gérer l'approvisionnement des 13 producteurs

des Bio Locaux d’hiver. Même si la mise en commun des produits permet d’avoir un plus grand volume total, le reste du réseau de distribution doit être performant si on veut vraiment tirer profit de ce partenariat. Il y a plusieurs problèmes au niveau de la distribution entre les producteurs et l’entrepôt central à Moisson-Montréal. En effet, étant donné que chaque producteur s’occupe de livrer ses produits à l’entrepôt, ils ont peine à remplir leur camion. Dans la majorité des cas, les producteurs quittent leur ferme sans remplir 50% de la capacité de leur camion. Les producteurs nous ont également partagés ne pas apprécier se déplacer jusqu’à Moisson-Montréal. Pour certains, une demi-journée ou plus est nécessaire pour faire un aller-retour jusqu’à l’entrepôt. Le tableau 1 ci-dessous démontre bien ceci. Par exemple, le producteur 8 doit libérer plus de six heures dans sa journée pour aller jusqu’à Moisson-Montréal. En ajoutant à cela le temps de manutention, la distribution occupe plus ou moins huit heures par livraison pour ce producteur.

Tableau 1 : Temps pour un aller-retour entre les producteurs et Moisson-Montréal

Producteur	Région administrative	Durée du trajet (aller-retour)
1	Etrie	5:07
2	Etrie	3:21
3	Outaouais	3:45
4	Montérégie	1:37
5	Montérégie	2:10
6	Outaouais	3:16
7	Montérégie	3:05
8	Chaudière-Appalaches	6:33
9	Etrie	3:46
10	Montérégie	2:02
11	Québec	5:18
12	Montérégie	2:47
13	Laurentides	1:15
Moyenne		3:14
Écart-type		1:30

La dernière problématique observée est liée à l’absence de collaboration. Plusieurs producteurs habitent à proximité les uns des autres, mais ne collaborent pas pour la distribution. Il y a donc une inefficience au niveau des routes puisque plusieurs producteurs empruntent la même route souvent à quelques jours d’intervalle.

De plus, l'environnement est directement affecté par l'inefficience du réseau de distribution. Il y a généralement un peu moins d'une dizaine de camions se déplaçant à Moisson-Montréal chaque semaine, avec une faible charge, ce qui contribue également à la hausse des émissions de gaz à effet de serre. En résumé, le **Réseau de Distribution Actuel** de la CAPÉ comporte plusieurs inefficiences au niveau des opérations et ne répond pas aux attentes des producteurs.

L'objectif de ce mémoire consiste donc à identifier une solution permettant une meilleure utilisation des ressources existantes (camions) dans le système tout en s'assurant de minimiser les coûts totaux de transport (incluant les coûts reliés aux déplacements). Nous nous sommes basés sur les principes de la recherche opérationnelle. La solution proposée devait être alignée avec les préférences des producteurs et les priorités de la CAPÉ. Afin de déterminer et d'analyser des solutions potentielles, nous avons mené une revue de la littérature. Nous avons ainsi identifié quelques approches de distribution collaborative qui semblaient adaptées au contexte de la CAPÉ. Pour les Bio Locaux d'hiver, la distribution collaborative consistait à partager des ressources des producteurs ou de la CAPÉ. La logistique collaborative, dans ce contexte, est une solution permettant d'améliorer l'efficacité des opérations de la CAPÉ. Le premier modèle collaboratif testé, **Tournées CAPÉ**, consistait à utiliser le camion de la CAPÉ, localisé à Moisson-Montréal, pour aller chercher les commandes directement chez les producteurs. Dans le deuxième modèle, **Mini-Hub**, le camion de la CAPÉ rejoint les producteurs à un point de rencontre entre ces derniers et l'entrepôt. Dans le troisième modèle, **Tournées Producteurs**, les producteurs collaborent entre eux pour acheminer leurs produits à l'entrepôt. Par exemple, un producteur pourrait transporter sa commande et celle de son voisin. Bref, dans ces trois modèles, plusieurs producteurs peuvent être visités par une tournée.

À des fins de simplification, les quantités dans le réseau sont des caisses. Étant donné que tous les produits sont transportés dans le même format de caisse, c'est une bonne opportunité pour réduire le temps de compilation du solveur et la complexité du modèle mathématique. De plus, il est important de préciser que dans le **Réseau de Distribution Actuel**, tous les producteurs amènent leurs produits à Moisson-Montréal et repartent de l'entrepôt avec des caisses propres pour leur prochaine commande. Ainsi, il y a un flux

continu de caisses vides dans le réseau. La Figure 2 est un exemple de caisse utilisée par les producteurs.



Figure 2 : Exemple d'une caisse utilisée par les producteurs

Ensuite, nous avons besoin de recueillir des données et définir la problématique. Nous avons collaboré avec la CAPÉ pour obtenir des données quantitatives, comme les quantités commandées par semaine, sur le **Réseau de Distribution Actuel**. Les données qualitatives, comme les préférences des producteurs, ont été colligées auprès des producteurs par le biais d'entrevues individuelles. L'objectif de ces entrevues était de mieux comprendre les enjeux de distribution des producteurs, de connaître leur opinion face à certaines solutions collaboratives potentielles et, finalement, d'évaluer avec eux les solutions potentielles. Ensuite, nous avons développé des modèles mathématiques en nous basant sur la littérature scientifique. Puis, nous avons implanté nos modèles mathématiques dans un solveur commercial et avons fait des recommandations à la CAPÉ, aux producteurs et au Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) qui était également intéressé par notre étude.

En résumé, nous avons défini et analysé différentes solutions potentielles de partage de ressources logistiques et de conception de réseaux collaboratifs. Nous avons comparé ces approches collaboratives en nous assurant que la solution choisie permettrait une meilleure gestion du réseau de distribution entre les producteurs et Moisson-Montréal. Parmi les trois modèles testés et comparés au **Réseau de Distribution Actuel**, le modèle

Tournées CAPÉ fut choisi. En plus d'être le modèle le plus apprécié par les producteurs interrogés, ce modèle minimise le kilométrage total, les coûts totaux et le nombre de déplacements des producteurs. Une méthode de partage des coûts de façon proportionnelle à la distance entre les producteurs et l'entrepôt a également été recommandée à la CAPÉ.

Le reste de ce mémoire est organisé ainsi. Dans le Chapitre 2, nous réalisons une revue de la littérature scientifique avec une emphase sur les difficultés de distribution pour les petites organisations et sur les méthodes de distribution collaborative. Dans le Chapitre 3, nous décrivons la méthodologie qualitative utilisée et le développement des modèles mathématiques. Dans le Chapitre 4, nous présentons les résultats de nos analyses. Bien que les résultats soient spécifiques pour le cas de la CAPÉ, les réseaux étudiés et les recommandations générales peuvent s'appliquer dans d'autres contextes similaires (réseaux de producteurs à petits volumes et éloignés des marchés). Dans le Chapitre 5, nous émettons les principales recommandations présentées à la CAPÉ. Finalement, nous discutons des forces et des faiblesses de ce travail, et résumons les principales retombées dans le Chapitre 6.

CHAPITRE 2 – REVUE DE LA LITTÉRATURE

La distribution des produits entre les producteurs et les clients est un concept qui a été amplement analysé. Toutefois, dans le contexte des petits producteurs de fruits et légumes, la structure de ces réseaux de distribution est bien différente de celle des grosses fermes. En effet, leurs moyens limités, leur faible volume et leur localisation les forcent à opérer différemment pour rester rentables. Par exemple, les producteurs membres de la CAPÉ bénéficient des avantages du modèle coopératif, mais sont également affectés par différents inconvénients.

La revue de la littérature qui suit a pour objectif principal d'identifier des solutions potentielles aux problèmes de distribution vécus par les petits producteurs de fruits et légumes. Pour y arriver, la première section établit un portrait général du secteur agricole au Québec, ainsi que les différents modèles de distribution utilisés par les producteurs. Il sera également question des enjeux logistiques vécus par les petits producteurs. La seconde section traitera de la modélisation mathématique de la conception de réseaux pour les solutions potentielles identifiées. La troisième section abordera les opportunités d'optimisation du transport en logistique collaborative.

2.1 Portrait du secteur agricole au Québec

Selon l'Institut de la Statistique du Québec (2020), on constate une augmentation continue des ventes, profits et emplois entre 2008 et aujourd'hui dans le secteur agricole québécois. En effet, l'ISQ (2020) constate que depuis 2012, la quantité d'exportations de produits bioalimentaires a dépassé, de façon continue jusqu'à aujourd'hui, la quantité d'importations pour les mêmes produits.

Il est donc difficile de blâmer des facteurs macroéconomiques pour les difficultés vécues par certains acteurs. Il faut aller plus en profondeur dans les différents segments de marché pour mieux comprendre les difficultés vécues par certains producteurs québécois. Dans un article paru sur le journal électronique *La Vie Agricole* (Tremblay-Antoine, 2016), on mentionne plusieurs problèmes vécus chez ces derniers. On parle d'un manque de relève, d'une pression continue de la part des médias et des environmentalistes, et d'une surcharge de travail extrême. Un autre article de Radio-Canada (St-Pierre, 2018) explique que la santé mentale des producteurs est de plus en plus à risque. En effet, selon l'article,

le taux de suicide est deux fois plus élevé chez les agriculteurs que dans le reste de la population québécoise.

Il y a également des problèmes opérationnels au cœur des activités des producteurs. Le Rapport des réseaux de distribution de fruits et légumes au Québec du Groupe AGÉCO (Bergeron *et al.*, 2007) détaille le fonctionnement des différents systèmes de distribution et soulève les principales faiblesses des petits producteurs. Le rapport note qu'avec la mondialisation, les grandes épiceries se tournent vers des producteurs de masse étrangers. Il est donc pratiquement impossible pour les petits producteurs de répondre à une telle demande. Ces derniers ne bénéficient pas non plus d'économie d'échelle, ce qui les empêche d'offrir des prix compétitifs en comparaison aux producteurs de masse. Ils doivent donc se tourner vers d'autres alternatives.

Le même rapport fait une analyse détaillée de la comparaison entre deux circuits de distribution : les circuits longs et les circuits courts. Premièrement, dans les circuits longs, on retrouve une multitude d'intermédiaires entre le producteur et le client final. Ces intermédiaires ont pour objectif de faciliter la distribution, par une optimisation des opérations de transport, d'entreposage et par des économies d'échelle générées par le volume élevé de produits. Malheureusement, afin de continuer à opérer, chaque intermédiaire, tel que les grossistes, prend une part des profits et diminue les marges de profit des producteurs.

D'un autre côté, le rapport explique que les circuits courts, avec peu ou pas d'intermédiaires, sont mieux adaptés pour les plus petits producteurs. En effet, cela leur permet de conserver leurs profits et leurs marges, qui sont généralement plus faibles que celles des producteurs de masse. Malheureusement, selon une étude du United States Department of Culture, il n'y a que plus ou moins 5% des fruits et légumes achetés qui proviennent des circuits courts (Duncan *et al.*, 2010). Ceci est un peu décevant étant donné qu'une étude d'Équiterre (Mundler et Laughrea, 2015) a démontré que les circuits courts ont des retombées positives, dont l'environnement, le bien-être de la communauté agricole et le développement territorial. Les auteurs notent que les circuits courts nécessitent davantage de connaissances et de gestion, mais qu'ils favorisent le plaisir au travail et l'innovation. Le rapport du Groupe AGÉCO explique que les produits provenant

des circuits courts au Québec attirent les consommateurs grâce à leur fraîcheur et à leur origine québécoise. De plus, dans une entrevue de Radio-Canada (Radio-Canada, 2017), le professeur Jean-François Ouellet (HEC Montréal) mentionne que les Québécois sont de plus en plus intéressés à consommer des produits biologiques locaux, et sont prêts à payer plus cher pour les obtenir. Fondamentalement, les petits producteurs ont différentes opportunités pour réussir dans ce milieu changeant. Malgré la clientèle grandissante, il est important d'aller plus en détail dans les enjeux logistiques vécus par les petits producteurs.

2.2 Optimisation et conception de réseau appliqué au contexte

Dans cette sous-section, nous allons d'abord présenter les ressources qui ont été utilisées pour faire la conception de réseaux et développer nos modèles mathématiques. Nous allons ensuite analyser le problème de tournées de véhicules puisque c'est directement en lien avec les problèmes de distribution de la CAPÉ.

La logistique est un secteur très important de l'économie nord-américaine: selon le Annual State of Logistics Report (Zimmerman, 2020), les coûts logistiques ont dépassé 7,5% du PIB américain. Un de ces processus cruciaux qui nécessite multiples optimisations est certainement le transport.

Étant donné les différentes applications de modèles mathématiques et le peu de données nécessaires, Pardalos, Hearn et Hager (1997) ont démontré que l'optimisation du transport est un processus permettant de diminuer considérablement les coûts d'une organisation. La programmation linéaire permet de résoudre des problèmes complexes de distribution et d'aiguiller les décideurs dans leur prise de décision. Selon Goos Kant de la firme Ortec (2013), les avantages de l'optimisation du réseau de distribution sont nombreux. En premier lieu, la diminution des coûts est généralement considérable. Toutefois, l'auteur explique que l'avantage sous-estimé est certainement l'amélioration du service. En améliorant l'efficacité des opérations, les clients sont également gagnants puisqu'il y a moins de pénuries et de retards dans le réseau. Kant explique également que nous pouvons, aujourd'hui, résoudre des problèmes plus complexes ce qui permet de prendre des meilleures décisions et de réduire le temps de planification.

2.2.1 Conception de réseau logistique

Selon Crainic *et al.* (2016), la conception de réseau répond aux problèmes tactiques et opérationnels des transporteurs. L'objectif est principalement de développer un plan pour la distribution, qui répond à la demande, tout en atteignant les objectifs financiers et le niveau de service visé. Pour y arriver, les problèmes sont modélisés mathématiquement avec des paramètres et des contraintes reflétant la réalité de l'organisation. Le plan en question est développé sur une période de temps fixe, comme une semaine ou un mois. Dans le contexte de la CAPÉ, l'organisation fait ses prévisions et planifie sur un horizon saisonnier.

Andersen *et al.* (2009) vont en détail dans l'énumération d'un problème de conception de réseau et de l'identification des paramètres principaux. Ceci représente la première étape dans le développement d'un réseau. Ils discutent des ressources limitées (p. ex. les camions) et des variables et paramètres, comme la demande (p. ex. les produits), qui sont utilisés pour développer un modèle mathématique et le résoudre ensuite à l'aide d'un solveur commercial. Nous nous sommes inspirés de leur notation pour développer les nôtres.

La conception de réseau implique une multitude de décisions potentielles (Zhu *et al.*, 2014). Par exemple, il peut être question des décisions suivantes : l'ouverture et la localisation d'entrepôts, la quantité à transporter entre les nœuds (p. ex. entre l'usine et les clients) ou les routes utilisées entre les nœuds. En général, l'objectif consiste à minimiser les coûts totaux ou la distance totale parcourue.

Dans les problèmes de transport, comme le transport aérien ou maritime, on retrouve généralement les mêmes groupes de contraintes. On parle alors des contraintes de demande, d'offre, de flux, de capacité des entrepôts, de capacité des camions, etc. (Cordeau, 2013). L'auteur précise que les contraintes sont modifiées pour être adaptées aux contextes. De plus, il souligne l'importance d'avoir des données complètes et précises. Afin de simplifier le problème, l'auteur suggère l'agrégation des données.

Afin de mesurer la performance des différents réseaux modélisés, nous nous sommes inspirés de Kasilingam (2018) pour développer notre liste d'indicateurs de performance.

L'auteur présente de nombreux indicateurs, comme le temps de transit et la variabilité du temps de transit. Dans ce mémoire, les indicateurs retenus sont principalement le kilométrage par voyage, le temps par voyage et le coût par voyage.

Finalement, des exemples de réseaux présentés par Langevin et Riopel (2005) nous ont permis de perfectionner notre méthode d'écriture des modèles mathématiques. Nous avons également suivi leurs recommandations sur la notation des modèles et les groupes de contraintes présentées.

2.2.2 Problème de tournées de véhicules

Dans la dernière sous-section, nous avons analysé brièvement en quoi consistent généralement les modèles mathématiques d'optimisation en logistique. Nous allons analyser différentes ressources présentant les problèmes de tournées de véhicules, puisque c'est exactement relié aux enjeux vécus par la CAPÉ.

Les problèmes de tournées de véhicules (PTV) ont été largement étudiés dans la littérature scientifique. Braekers *et al.* (2015) expliquent que le problème de tournées de véhicules cherchait traditionnellement à répondre à la question suivante : comment satisfaire un groupe de clients avec une flotte de camions en *truck load* ou *less than truck load*, à partir d'un entrepôt central. Aujourd'hui, la technologie permet de modifier le plan de distribution en temps réel pour s'ajuster au trafic, aux travaux dans les rues, à la demande dynamique, etc.). Toth et Vigo (2014) sont allés en profondeur dans l'analyse des problèmes de tournées de véhicules et leur modélisation. Les auteurs introduisent quatre principaux modèles avec des contraintes de capacité : deux modèles basés sur des variables d'utilisation des arcs (à deux index), un modèle basé sur des variables d'utilisation des arcs par véhicule (à trois index) et un modèle basé sur les routes. Les auteurs expliquent que lorsque les routes peuvent être générées à priori, dû à leur faible nombre, la modélisation basée sur les routes permet généralement d'avoir une meilleure qualité de formulation mathématique. Dans notre contexte, c'est ce dernier modèle que nous avons retenu compte tenu de la taille du réseau de distribution et du fait que les routes peuvent facilement être énumérées à priori.

Dans le transport de marchandises par camion, l'objectif du modèle développé est d'assurer une utilisation efficiente des ressources, tout en répondant aux besoins des différentes parties prenantes (Crainic, 1999). Comme dans les autres secteurs de transport, les types de problèmes pouvant être modélisés sont nombreux, tels que la localisation d'entrepôt ou les horaires de livraison. Dans le contexte de la CAPÉ, nous nous sommes concentrés sur le développement de nouveaux réseaux de distribution.

Pour les problèmes de tournées de véhicules avec localisation d'entrepôts, Wieberneit (2007) explique que les objectifs consistent à minimiser les coûts de transport et d'ouverture d'entrepôts, si applicable. Encore une fois, on retrouve les contraintes de base dont des contraintes de capacité sur les véhicules et de satisfaction de la demande. Le poids sur les arcs connectant les nœuds est généralement la distance.

Wieberneit (2007) parle également de l'importance des plaques tournantes, ou hubs, pour minimiser les coûts de transport et augmenter le niveau de service. Pedersen *et al.* (2009) expliquent que la différence principale dans ces modèles est l'intégration d'une contrainte de flux pour les plaques tournantes. Cela signifie que le volume entrant dans le hub doit être égal au volume sortant. Nous voulions évaluer la possibilité d'établir des points de rencontre où le camion de la CAPÉ rencontrerait les producteurs, dans la même logique qu'un petit centre de transbordement. Ce point serait localisé entre les fermes et l'entrepôt. Buijs *et al.* (2014) identifient différentes difficultés associées à ce type de réseau de distribution. En premier, la synchronisation est cruciale pour assurer l'efficacité d'un hub. Un retard à l'arrivée au hub engendre inévitablement un retard à l'heure de départ. Cela risque d'augmenter les coûts et de diminuer le niveau de service. Deuxièmement, la planification est complexe puisqu'on doit coordonner la flotte d'arrivée et la flotte de départ. Nous n'anticipons pas que ce serait un problème pour la CAPÉ étant donné le faible nombre de producteurs dans le réseau et la puissance des solveurs d'aujourd'hui.

Bosona *et al.* (2011) démontrent que la modélisation d'un réseau de distribution dans un contexte agricole est semblable aux problèmes de tournées de véhicules traditionnels. La principale distinction est au niveau de la fraîcheur des produits. En effet, certains produits ne peuvent pas être entreposés longtemps ou doivent être réfrigérés durant le transport. Cela n'est pas un enjeu majeur pour la CAPÉ étant donné la faible taille de leur réseau de

distribution et la proximité des fermes à l'entrepôt. Nous nous sommes toutefois assurés de limiter la durée maximale d'une tournée, en partie pour cette raison.

Dans le même contexte de problèmes de véhicules, certains auteurs suggèrent différents types de réseaux de distribution collaboratifs. Plus tôt, nous avons mentionné brièvement le potentiel des hubs. D'un autre côté, Bosona *et al.* (2011) vont en détail dans un réseau de distribution d'une entreprise agricole où celle-ci va cueillir les produits directement chez les producteurs. C'est exactement le contraire de ce que fait la CAPÉ, puisque ce sont les producteurs qui gèrent la distribution de leurs produits. En visitant plusieurs producteurs par route, l'entreprise augmente l'efficacité du réseau à plusieurs niveaux. Le kilométrage total et le temps total des routes sont moindres, l'utilisation de la capacité du camion est élevée puisqu'il transporte plusieurs commandes et les producteurs ont plus de temps pour s'adonner à des activités à valeur ajoutée. Nous avons donc testé ce réseau de distribution dans le contexte de la CAPÉ.

2.3 Logistique collaborative

Dans cette sous-section, nous aborderons la logistique collaborative horizontale et les avantages générés par une telle collaboration pour les entreprises, en partie au niveau environnemental. L'objectif est d'identifier le potentiel de la logistique collaborative pour la CAPÉ et d'identifier des concepts facilitant son intégration. En deuxième lieu, il sera question des différentes méthodes de partage de coûts entre les producteurs dans un contexte de collaboration.

2.3.1 Collaboration horizontale et développement durable

Nos discussions avec les producteurs à la rencontre d'Arrivage (présentées dans la sous-section 3.1.5) et nos analyses de la littérature nous ont poussés à nous orienter vers l'optimisation du transport par le biais de réseaux de distribution collaborative. Chanut *et al.* (2011) définissent la logistique horizontale, la catégorie qui englobe la distribution collaborative entre les producteurs, comme un partage de ressources entre des acteurs du même niveau. Cette collaboration a pour objectif principal de bénéficier à tous les membres, que ce soit du point de vue monétaire, temporel ou autre. En effet, selon Parkhe (1993), aucun des acteurs ne doit être désavantagé par une collaboration horizontale. Dans la situation de la CAPÉ, comme ce sera présenté dans le chapitre 3, il sera davantage

question de minimiser le temps de déplacement des producteurs. Cuijssen *et al.* (2006) expliquent que la collaboration horizontale dans la planification routière peut générer des économies d'échelles au niveau des coûts.

Selon Lambert *et al.* (1999), le degré d'intégration pour des activités logistiques est largement inférieur à la coopération d'autres secteurs. Ceci s'explique par la faible quantité de données qui doivent être partagées entre les acteurs du réseau de distribution. Cela représente un avantage majeur pour la CAPÉ, car elle est une petite coopérative ne détenant pas les ressources pour l'implantation d'un projet majeur.

Tout de même, il est important de prendre en considération les faiblesses de la collaboration horizontale. D'un côté, Zineldin et Bredenl w (2003) ont démontré que 70% des alliances sont destinées à échouer. On note que certains acteurs dans le réseau collaboratif font preuve d'opportunisme, ce qui crée inévitablement du mécontentement chez les partenaires. Toutefois, nous constatons que les autres principaux désavantages ne s'appliquent pas à la CAPÉ. Par exemple, certains auteurs mettent en garde les acteurs contre le partage d'information dans la collaboration. Dans notre situation, seulement des données temporelles, des données de localisation et des données sur les quantités à transporter seront partagées.

La documentation sur la collaboration horizontale entre les acteurs d'une même entreprise en transport routier est peu abondante. Pan (2017) explique six méthodes différentes de partage de ressources en transport routier. La quatrième, *shipper collaboration*, est un exemple fascinant s'appliquant parfaitement au contexte de la CAPÉ. Ici, les producteurs partagent les coûts pour un transporteur, qui gère la distribution pour eux. Nous avons décidé d'appliquer cette méthode pour développer un de nos réseaux de distribution potentiels pour la CAPÉ. Parmi les défis d'implantation d'une solution de distribution collaborative, Pan note la difficulté associée au partage des coûts. Nous abordons cette thématique dans la prochaine sous-section.

Ensuite, les réseaux de distribution collaborative nous intéressent particulièrement à cause de l'importance que nous accordons au développement durable. En premier lieu, l'industrie du transport est un des secteurs les plus polluants. En effet, selon le rapport Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre publié par le gouvernement

québécois (Delisle *et al.*, 2017), l'industrie du transport émet 24% des gaz à effets de serre du Canada. Plus ou moins 10% de ce chiffre est généré par le transport de marchandises. Il est donc fortement souhaitable que l'amélioration des processus, particulièrement au niveau du transport, soit écoresponsable.

Dans cette nouvelle ère où nous sommes extrêmement sensibilisés à l'environnement, le Québec désire se positionner comme un acteur important sur la scène internationale au niveau du combat contre les changements climatiques (Gouvernement du Québec, 2017). En effet, le rapport du Ministère des Relations internationales et de la Francophonie a pour objectif, en partie, de démontrer les risques du réchauffement climatique et que l'inaction amènera inévitablement à une hausse de la pauvreté et de l'insécurité. Le rapport suggère donc une transition vers une économie verte, soit par la création d'emplois dans le secteur de l'énergie propre et l'optimisation des équipements et processus générant des gaz à effet de serre. Une étude mentionne que pratiquement aucune des 100 entreprises les plus grosses aux États-Unis ne serait profitable si elles étaient entièrement responsables des coûts rattachés à toutes leurs externalités négatives (Makower, 2013). On constate que plusieurs études, comme celle de Tilina *et al.* (2014), démontrent que la transition progressive vers des méthodes de production et de gestion vertes ont de multiples impacts positifs pour l'entreprise, tant au niveau des coûts que de la réputation. Les mêmes auteurs expliquent que l'amélioration des processus passe inévitablement par l'optimisation et la diminution des gaspillages. Cela permet donc à l'entreprise de réduire son empreinte écologique. Bref, la transition vers des pratiques vertes n'est pas nécessairement corrélée à une augmentation des coûts, mais parfois même le contraire. Nous croyons qu'il est crucial de soutenir les agriculteurs québécois. En effet, selon Éco Ressources (2019), plus de 83 000 individus travaillent dans le secteur agricole du Québec, sans compter les emplois en transformation.

2.3.2 Partage des coûts

Étant donné que la logistique collaborative implique un partage de ressources entre les parties prenantes, il doit inévitablement y avoir un partage de coûts. Pour la CAPÉ, nous nous intéressons à des méthodes de partage de coûts efficaces et simples à implanter. Audy *et al.* (2012) ont démontré que le partage de ressources en transport dans une même région peut amener à des économies considérables. Ces auteurs expliquent que la

difficulté est de partager ces économies de façon équitable entre les parties prenantes. En effet, les notions d'équité et d'égalité sont très subjectives. Toutefois, ces auteurs emploient des méthodes de partage de coûts très avancées et non adaptées à la CAPÉ. En effet, les méthodes proposées, comme la valeur de Shapley, la méthode nucléole et d'autres, sont généralement basées sur la théorie des jeux. L'objectif de ces méthodes est d'identifier qui sont les membres de la collaboration qui bénéficient le plus d'une telle collaboration et de diviser les coûts, ou les gains, en fonction de ceci. Étant donné la complexité des méthodes et de l'interprétation des résultats, nous avons décidé de ne pas proposer ce type de solutions à la CAPÉ. Nous avons testé et développé des méthodes simples à comprendre et utiliser pour la CAPÉ.

Verdonck *et al.* (2016) mentionnent les mêmes difficultés que les auteurs précédents et expliquent que le partage des coûts dans le contexte de collaboration horizontale n'est pas un sujet très recherché, mais que les méthodes proportionnelles sont les plus fréquentes. Par exemple, les parties prenantes se partagent les coûts en fonction de la taille de leur commande, ou leur distance de l'entrepôt.

Cruijssen *et al.* (2007) mentionnent que la collaboration pour le transport nécessite inévitablement un certain partage de données, ce qui pourrait déranger certains membres. De plus, même si leur étude a permis de conclure que les entreprises sont généralement intéressées et en faveur de la collaboration horizontale, certaines sous-estiment la complexité de la planification d'un tel système. Nous avons donc abordé ce sujet dans nos entrevues avec les producteurs.

Finalement, étant donné le peu de recherche sur les méthodes de partage des coûts en logistique collaborative, nous avons suivi les principes et recommandations des différents auteurs pour développer nos six méthodes potentielles.

CHAPITRE 3 - MÉTHODOLOGIE

Dans ce chapitre, il sera d'abord question de la méthodologie de recherche employée. La première section traitera en détail de la méthodologie qualitative appliquée et de l'objectif de recherche. Des méthodes de recherches qualitatives ont été utilisées afin d'entamer une recherche exploratoire qui avait pour objectif principal de comprendre les enjeux dans le réseau de distribution, les préférences des producteurs et d'améliorer la performance du réseau en question. Suite à la revue de la littérature, nous avons collecté et analysé des données qualitatives obtenues grâce à nos discussions auprès de certains producteurs membres de l'initiative Bio Locaux d'hiver. En discutant avec les producteurs membres de Bio Locaux d'hiver, nous avons pour objectif de connaître les préférences de ceux-ci face au **Réseau de distribution Actuel** et aux trois réseaux potentiels. Ceci était nécessaire pour ajuster et choisir les modèles potentiels que nous avons testés. Les sous-sections suivantes porteront donc principalement sur les entrevues avec les producteurs et les modèles d'optimisation développés à partir de la revue de la littérature et nos discussions avec les producteurs.

3.1 Méthodologie qualitative

Afin d'offrir des recommandations adaptées à la CAPÉ et aux producteurs, nous avons mené une étude qualitative permettant de combler le manque d'information. En effet, la recherche qualitative est pertinente dans ce contexte, car «contrairement aux études quantitatives [elle] met davantage l'accent sur l'étude des phénomènes du point de vue des participants de l'étude » (Lapan *et al.*, 2012), c'est-à-dire des producteurs. Afin de tirer des conclusions d'une telle étude qualitative, les résultats sont un processus d'étude soigneusement planifiée et basée sur des méthodes d'observation systématique (Lapan *et al.*, 2012). Puisque la problématique analysée a été peu étudiée dans la littérature, une méthodologie de recherche de type exploratoire est appropriée afin d'élargir le cadre d'analyse.

L'objectif de cette étude qualitative consiste à comprendre les difficultés en matière de distribution vécues par les producteurs membres des Bio Locaux d'hiver et de connaître leur opinion sur des solutions potentielles. Étant donné que c'est une recherche exploratoire, que des données qualitatives seront collectées et qu'il y a une absence de

données secondaires, Sreejesh *et al.* (Sreejesh *et al.*, 2013) suggèrent de mener des entretiens semi-dirigés. Le côté informel de cette méthode permet à l'intervieweur d'établir un climat de confiance et d'éviter que les participants soient réticents à partager certaines réponses (Sreejesh *et al.*, 2013). Étant donné l'aspect exploratoire de l'étude, il était pertinent d'avoir une méthode d'entrevue semi-structurée afin de laisser la chance au sujet de soulever certains éléments qui n'étaient pas visés par le guide d'entrevue à priori. En effet, en éliminant la rigidité des méthodes structurées, on donne la liberté au sujet de dévier des questions et d'avoir un entretien informel (Wengraf, 2001).

3.1.1 La population cible et la collecte de données

Étant donné que la taille de la population est de 13 producteurs, il semblait réaliste d'avoir un entretien avec tous les producteurs. Cependant, compte tenu des complexités engendrées par le contexte actuel (COVID-19), uniquement six producteurs ont accepté de participer à notre étude. Malgré le faible échantillon, une certaine saturation des données a été atteinte, en particulier pour les questions nécessaires au succès de l'étude. Nous avons vite remarqué que, à quelques exceptions près, les producteurs nous partageaient des informations similaires.

Les données primaires collectées dans les entretiens semi-dirigés ont apporté une nuance aux données secondaires collectées à partir de la revue littéraire. Les producteurs ont partagé de nouvelles pistes de solutions, ce qu'ils aiment et ce qu'ils aiment moins des solutions présentées. Ils ont également partagé des données nécessaires à la modélisation mathématique du réseau de distribution de la CAPÉ (p. ex. la capacité en caisses de leur camion).

En combinant ces données primaires et secondaires, il fut possible d'offrir des recommandations d'amélioration basées sur des écrits de rigueur scientifique, mais également adaptée à la réalité des producteurs membres de l'initiative Bio Locaux d'hiver.

3.1.2 Guide d'entrevue

Puisque toutes les personnes interrogées étaient des producteurs membres de la CAPÉ, nous avons établi un guide d'entrevue adapté à l'entièreté de la population étudiée. Le guide d'entrevue complet est présenté à l'*Annexe 1*. Gauthier (Gauthier, 2016) explique

que l'entrevue semi-dirigée est animée de façon souple et s'apparente davantage à une conversation qu'à un entretien formel.

Nous avons créé notre guide d'entrevue en nous basant sur la littérature scientifique. En premier lieu, Sreejesh *et al.* (Sreejesh *et al.*, 2013) mentionnent l'importance d'utiliser un vocabulaire simple et compréhensible pour tous les participants. C'est-à-dire d'éviter les questions qui peuvent être interprétées de différentes façons. Ils expliquent également que les circonstances et le déroulement de l'entrevue doivent être extrêmement semblables d'un sujet à l'autre, même si la conversation peut aller dans différentes directions. Il est également important d'intégrer des questions ouvertes. En effet, « *[L]es questions fermées où la réponse est un « oui/non » ou encore les questions dichotomiques « est-ce ceci ou cela » établissent un rythme à l'entrevue qui se rapproche plutôt de celui de l'interrogatoire que de celui de la conversation.* » (Gauthier, 2016). Il ne faut pas non plus formuler les questions de sorte à diriger les sujets vers une certaine réponse que le chercheur désire entendre (Sylvain, 2000). Finalement, un des principes qui revient à maintes reprises dans la littérature est l'importance de débiter par des questions faciles, simples et générales (Gauthier, 2016).

3.1.3 Contact de l'échantillon et éthique

Les 13 producteurs membres de l'initiative Bio Locaux d'hiver ont été contactés par courriel (voir *Annexe 2*), mais uniquement six ont accepté de participer à l'étude. Les autres producteurs ont été contactés une deuxième fois, mais n'ont pas décidé de participer. En effet, certains producteurs étaient très occupés par leur travail compte tenu de l'augmentation des commandes engendrée par la COVID-19 et n'ont donc pas pu prendre le temps de répondre à l'étude.

Les données qualitatives colligées durant les entrevues avec les producteurs de la CAPÉ sont confidentielles. De ce fait, tous les participants à l'étude ont signé des formulaires de consentement (voir *Annexe 3*) ou ont donné leur consentement verbal.

Ensuite, au niveau des données quantitatives, les données sur la saison 2018-2019 étaient nécessaires, en particulier l'offre des producteurs. Avant de nous partager ces informations, la CAPÉ a signé un formulaire de consentement nous donnant l'autorisation d'y accéder et de les analyser (voir *Annexe 4*).

Nous avons également obtenu la permission du Comité d'éthique de la recherche pour aller de l'avant avec notre projet (voir *Annexe 5*).

3.1.4 Déroulement des entrevues

Les entrevues avec les producteurs ont été réalisées par téléphone au mois de mars 2020. Compte tenu des règles de distanciation sociale en vigueur, nous n'avons pas pu faire les entrevues en personne. Toutes les entrevues ont duré environ 30 minutes et les six producteurs ont accepté que l'entrevue soit enregistrée.

Les entrevues avaient deux fonctions principales. Premièrement, elles ont été utiles pour compléter les fiches de producteurs. En effet, afin de modéliser le réseau de la CAPÉ, certaines données techniques étaient nécessaires, par exemple, la capacité des camions de producteurs, la consommation en carburant de leur camion, leur adresse, la fréquence de leurs déplacements pour livrer leurs produits à l'entrepôt de la CAPÉ à Moisson-Montréal, etc. Concernant les sept producteurs qui n'ont pas été interrogés, la CAPÉ nous a fourni une partie des données manquantes. Certaines hypothèses ont été émises pour le reste des données manquantes. Par exemple, la CAPÉ ne connaissait pas la capacité des camions de deux producteurs et ces derniers n'étaient pas joignables. Nous avons donc estimé la capacité des camions en nous basant sur le volume commandé auprès de ces producteurs. Des hypothèses similaires ont été émises pour estimer la consommation de carburant des camions des producteurs. Deuxièmement, il était pertinent de connaître l'opinion des producteurs sur le réseau actuel de distribution ainsi que sur des pistes d'améliorations potentielles. Les détails de leurs préférences ont été intégrés dans les prochaines sous-sections et dans l'analyse coûts-bénéfices.

3.1.5 Résultats de l'étude qualitative

Cette sous-section a pour objectif de résumer les principales informations qui sont ressorties de nos discussions avec les producteurs. Les premières questions étaient plus générales. Elles nous ont permis de mieux comprendre les opérations des producteurs. Par exemple, on s'intéressait à la taille de leur camion, son modèle et si les producteurs étaient membres d'autres programmes similaires, et d'autres questions générales.

Au niveau de la distribution, nous avons débuté en discutant du **Réseau de Distribution Actuel**. Tous les producteurs interrogés nous disent qu'il désirerait diminuer la fréquence à laquelle ils vont à Moisson-Montréal. Comme anticipé, ils jugent que le temps de déplacement n'ajoute aucune valeur à leur produit et que c'est la faiblesse principale du réseau. Certains ont toutefois mentionné aimer la simplicité du réseau.

Nous avons ensuite introduit la distribution collaborative. Nous cherchions à savoir si certains producteurs collaboraient déjà entre eux pour acheminer leurs commandes à Moisson-Montréal et s'ils entrevoyaient des incitatifs ou des freins majeurs à la collaboration. Deux producteurs nous ont mentionné qu'ils collaborent environ une fois par saison, tout au plus. Au niveau des incitatifs, tous les producteurs ont mentionné être prêts à collaborer si cela leur permettait de diminuer leurs coûts et de réduire leur fréquence de déplacements. Pour ce qui en est des freins, les producteurs n'étaient pas inquiets pour ce qui a trait à la confidentialité et au partage des coûts. Toutefois, certains ont mentionné que les difficultés de synchronisation et de communication entre les producteurs pourraient être problématiques.

Finalement, nous voulions connaître leur opinion sur les trois différents modèles potentiels. Concernant le modèle **Tournées CAPÉ**, les producteurs ont manifesté beaucoup d'intérêt envers celui-ci puisqu'ils n'auraient plus à gérer la distribution. Ils économiseraient beaucoup de temps et pourraient se concentrer sur des activités à valeur ajoutée. Les producteurs ont toutefois mentionné craindre que les coûts de ce modèle puissent être élevés étant donné qu'ils devraient se partager les coûts du chauffeur du camion de la CAPÉ. Le deuxième modèle, soit **Mini-Hub** ne fut pas le préféré des producteurs. Même si certains producteurs interrogés ont mentionné aimer le concept, presque tous craignaient que la manutention au point de rencontre soit plus difficile que prévu. En effet, les conditions météorologiques, le nombre de caisses à transférer du camion des producteurs au camion de la CAPÉ et des retards de la part de certains producteurs pourraient vraiment diminuer la performance du modèle, à leur avis. Finalement, nous avons discuté du modèle **Tournées Producteurs** avec les producteurs. Ce modèle fut apprécié par les producteurs principalement dus à sa simplicité et à sa ressemblance au **Réseau de Distribution Actuel**. Un producteur nous a dit : « C'est

logique que je transporte les produits d'un producteur voisin étant donné que sa ferme est située sur la route entre ma ferme et Moisson-Montréal. Toutefois, ce n'est pas toujours possible dû à des difficultés de synchronisation et parce que je ne sais pas quelles sont les semaines où mon voisin doit aller à Moisson-Montréal.» Les producteurs ont aussi soulevé que des problèmes de capacité pourraient s'avérer problématiques.

Nous avons également assisté à un atelier organisé par Arrivage en 2020, un organisme créateur de circuits courts entre les petites fermes québécoises. Nous avons eu la chance de discuter avec des producteurs québécois opérant dans des circuits courts. L'objectif de la rencontre était d'identifier les difficultés rencontrées par les producteurs et de discuter de solutions potentielles. L'élément principal ressorti, mis à part le faible volume, était la distance que les producteurs doivent parcourir pour atteindre leur destination (p. ex. un entrepôt, un restaurant, une usine, etc.). Une des productrices localisée à Charlevoix, nous a partagé être incapable de rejoindre les clients du Grand-Montréal dû à la distance. Le deuxième défi majeur qui fut relevé était l'absence de collaboration et de partenariat entre les producteurs de la même région. En effet, certains se sont rendu compte qu'ils desservait pratiquement les mêmes endroits et qu'il serait intéressant de collaborer pour la distribution. Cela nous a donc permis de valider le potentiel de la logistique collaborative pour améliorer la performance du réseau de la CAPÉ.

En résumé, nous avons été agréablement surpris par l'intérêt que les producteurs manifestaient envers les trois modèles de distribution collaborative présentés. Nous sommes donc allés de l'avant avec nos analyses pour ces trois modèles.

3.2 Optimisation du réseau

Les deux principales étapes de la méthodologie, soit la revue de la littérature et les entrevues avec les producteurs, ont permis d'avoir une vue d'ensemble sur le déroulement des opérations à la CAPÉ, les préférences des producteurs et le type de solutions collaboratives trouvées dans la littérature et adaptées à la situation. La revue de la littérature a souligné l'importance des méthodes de distribution collaborative pour résoudre certaines difficultés des producteurs québécois de petite culture. En effet, en partageant les ressources, les producteurs membres de l'initiative Bio Locaux d'hiver

peuvent diminuer leurs dépenses et le temps passé sur la route durant la saison. Les trois réseaux potentiels peu coûteux, simples et adaptés au contexte de la CAPÉ seront présentés dans la prochaine sous-section. Nous proposerons également un modèle mathématique pour chaque réseau. Les trois modèles sont dans la classe de problèmes « Problème de tournées de véhicules » en optimisation linéaire. Dans chaque modèle, il y a une fonction objectif et des contraintes à respecter. De plus, les réseaux proposés nécessitent peu d'investissement dans l'acquisition de nouvelles ressources (p. ex. un seul employé supplémentaire).

3.2.1 Modèles de distribution collaborative

Avant de présenter les modèles de distribution choisis, il est important de faire un bref retour sur le **Réseau de Distribution Actuel**. Tel que présenté dans la Figure 3, chaque producteur gère la distribution de ses produits jusqu'à Moisson-Montréal.

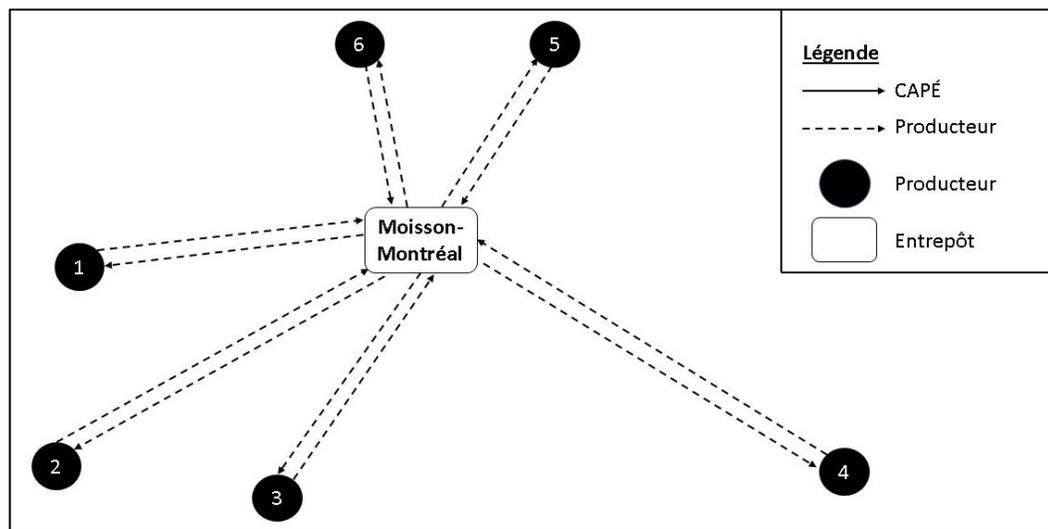


Figure 3 : Représentation graphique du Réseau de Distribution Actuel

Durant une courte discussion avec l'employé qui gère les opérations des Bio Locaux, ce dernier a mentionné que deux ou trois fois par saison, deux producteurs collaborent pour la distribution. Toutefois, cela n'a pas été pris en compte dans l'analyse du **Réseau de Distribution Actuel** étant donné la rareté de ces collaborations et le manque de données. De plus, cela n'est pas pris en compte lors de la planification de la CAPÉ, ni lors de la planification des producteurs.

Pour le **Réseau de Distribution Actuel**, nous n'avons pas eu à développer un modèle mathématique pour en évaluer la performance. En effet, étant donné qu'il n'y avait aucune collaboration dans la saison 2018-2019, nous avons calculé le kilométrage parcouru par chaque producteur en identifiant le nombre de livraisons durant la saison pour un producteur et la distance aller-retour entre sa ferme et l'entrepôt.

Pour les modèles collaboratifs proposés, nous définissons la notation mathématique générale. Les problèmes sont définis sur un graphe $G(N,A)$, où $N = \{0, 1, \dots, n\}$ est l'ensemble des nœuds, avec 0 l'entrepôt Moisson-Montréal et 1 à n les producteurs, et A l'ensemble des arcs. Chaque producteur est associé à une quantité de caisses d_i à transporter jusqu'à l'entrepôt, c'est-à-dire $d_i > 0, \forall i \in N \setminus \{0\}$. Afin de faciliter la notation, nous définissons également une quantité de caisses nulle pour l'entrepôt, soit avec $d_i = 0$ pour $i = 0$. De plus, les producteurs ainsi que l'entrepôt ont accès à un véhicule avec une capacité de transport en caisses $q_i > 0, \forall i \in N$, et une capacité de transport en temps $t_i > 0, \forall i \in N$. Chaque arc $(i,j) \in A$ est associé à un coût $c_{ij} > 0$ et à un temps de parcours $t_{ij} > 0$. L'inégalité triangulaire est respectée pour les coûts et les temps de parcours.

3.2.2 Tournées CAPÉ

Le premier modèle, nommé **Tournées CAPÉ**, met la responsabilité de la distribution à la CAPÉ et non pas aux producteurs. La grande différence avec le **Réseau de Distribution Actuel** est que les producteurs ne livrent pas leurs produits eux-mêmes à l'entrepôt. En effet, dans ce modèle, la CAPÉ est responsable de la distribution entre les producteurs et l'entrepôt. Puisque la CAPÉ possède un camion qui n'est pas utilisé en matinée, les tournées peuvent visiter au minimum un producteur et au maximum trois producteurs par route. Un maximum de trois producteurs a été établi pour deux raisons principales. Premièrement, la capacité du camion de la CAPÉ, soit 240 caisses, doit absolument être respectée. Étant donné que la commande moyenne est de 79 caisses, il n'était pas pertinent d'avoir des routes avec plus de trois producteurs. Deuxièmement, le camion de la CAPÉ doit retourner à l'entrepôt avant plus ou moins 13h00 pour débiter les livraisons aux points de chute. En visitant plus de trois producteurs, le temps maximal par tournée ne serait pas toujours respecté. Il est également possible qu'un producteur fasse sa propre

livraison si l'espace du camion de la CAPÉ n'est pas suffisant pour accommoder la totalité d'une commande.

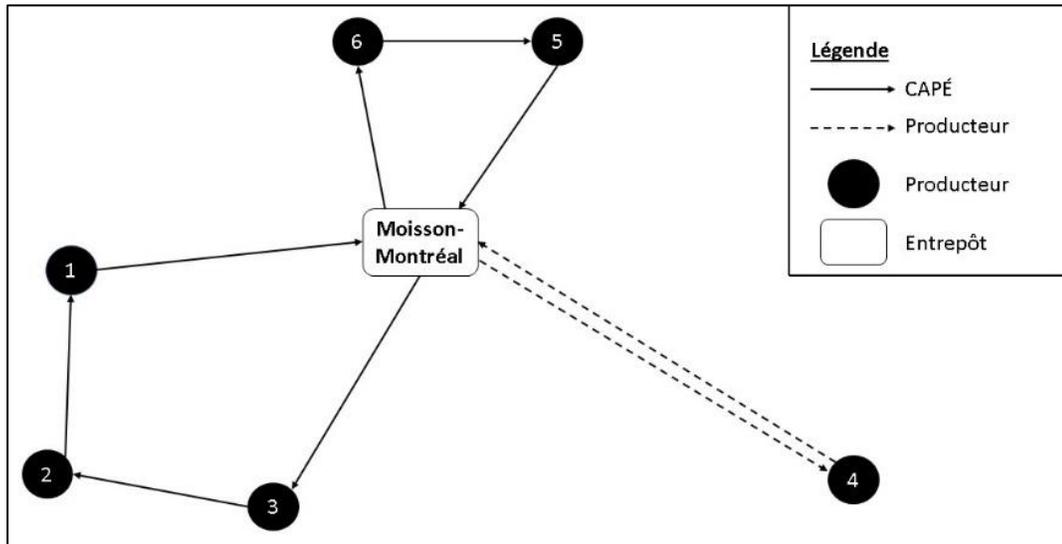


Figure 4 :Représentation graphique du modèle **Tournées CAPÉ**

La Figure 4 est une représentation graphique du modèle **Tournées CAPÉ**. Dans l'exemple, il y a trois routes :

1. Le camion de la CAPÉ visite les trois producteurs suivants, en ordre : 3-2-1.
2. Le camion de la CAPÉ visite les deux producteurs suivants, en ordre : 6-5.
3. Le producteur 4 a une quantité de caisses qui excède la capacité du camion de la CAPÉ. Dans ce scénario, le producteur 4 a un camion plus gros que celui de la CAPÉ. Il est donc en mesure de livrer la totalité de sa commande en un aller-retour. Si cela n'avait pas été le cas, le producteur 4 aurait livré le maximum en un voyage et la CAPÉ serait venue chercher l'excédent.

Durant les entrevues avec les producteurs, tous les interrogés ont manifesté beaucoup d'intérêt envers cette solution. « Cette solution me permettra de sauver un après-midi au complet à chaque deux ou trois semaines », a mentionné un producteur durant l'entrevue.

Afin de modéliser le modèle **Tournées CAPÉ**, nous devons introduire de la notation supplémentaire. Soit R l'ensemble des routes, où la route $r = (0, i_1, \dots, i_k, 0)$ débute et retourne à l'entrepôt et visite un ensemble de producteurs ($N \setminus \{0\}$). Chaque paire de route et de producteur est associée à un paramètre binaire a_{ir} qui est égal à 1 si le producteur i est visité dans la tournée r , et 0 autrement. De plus, chaque route a un coût de transport c_r . Il est à noter que la marchandise transportée sur chaque route ainsi que le temps total de parcours de la route doivent respecter la capacité du camion d'origine, c'est-à-dire que pour une route qui débute à l'entrepôt 0, la marchandise transportée ne doit pas excéder q_0 et le temps total de parcours ne doit pas excéder t_0 . Afin d'éviter que la quantité d'une commande d'un producteur excède la capacité du camion de la CAPÉ, c'est-à-dire si $d_i > q_0$ pour un producteur $i \in N \setminus \{0\}$, nous faisons un pré-traitement où le camion de la CAPÉ se charge de collecter q_0 caisses et le producteur distribue la quantité restante. Il est à noter que l'ensemble des routes R comprend uniquement les routes non-dominées. Une route est dominée s'il existe une autre route visitant exactement le même ensemble de producteurs à moindre coût. Par exemple, soit une route visitant trois producteurs (1, 2, 3), il y aura six routes potentielles : $r_1 = (0, 1, 2, 3, 0)$, $r_2 = (0, 1, 3, 2, 0)$, $r_3 = (0, 2, 1, 3, 0)$, $r_4 = (0, 2, 3, 1, 0)$, $r_5 = (0, 3, 1, 2, 0)$, $r_6 = (0, 3, 2, 1, 0)$. Soit $c_{r_1} \leq c_{r_2} \leq c_{r_3} \leq c_{r_4} \leq c_{r_5} \leq c_{r_6}$, alors la seule route générée sera la route r_1 , car elle a le plus faible coût et domine les autres routes. Il est à noter que si plus d'une route a le même coût et qu'il s'agit du coût le plus faible, nous en conserverons aléatoirement une.

Nous introduisons les variables binaires y_r qui prennent la valeur 1 si la route r est choisie dans la solution optimale. Ce faisant, le modèle **Tournées CAPÉ** peut être modélisé ainsi :

$$\min \sum_{r \in R} c_r y_r \quad (1)$$

$$\text{sujet à } \sum_{r \in R} a_{ir} y_r = 1 \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, \quad (2)$$

$$y_r \in \{0,1\} \quad \forall r \in R. \quad (3)$$

La fonction objectif (1) minimise la somme des distances des routes. Les contraintes (2) exigent que chaque producteur soit affecté à exactement une route. Les contraintes (3) définissent le domaine des variables.

3.2.3 Mini-Hub

Le deuxième modèle, nommé **Mini-Hub** se situe entre le **Réseau de Distribution Actuel** et **Tournées CAPÉ**. En effet, dans ce modèle, la responsabilité de distribution est partagée entre les producteurs et la CAPÉ. Les producteurs sont responsables de transporter leurs marchandises jusqu'au point de rencontre appelé le mini-hub. Ce point peut être un arrêt routier, un stationnement d'épicerie, etc. La CAPÉ rejoint ensuite les producteurs à ce point de rencontre et les commandes sont transférées des camions des producteurs au camion de la CAPÉ. Donc, les producteurs et la CAPÉ font un trajet direct jusqu'au mini-hub. Il est également possible qu'un producteur livre sa commande, entière ou en partie, directement à Moisson-Montréal s'il n'est pas en mesure de transporter l'entièreté de sa commande au mini-hub.

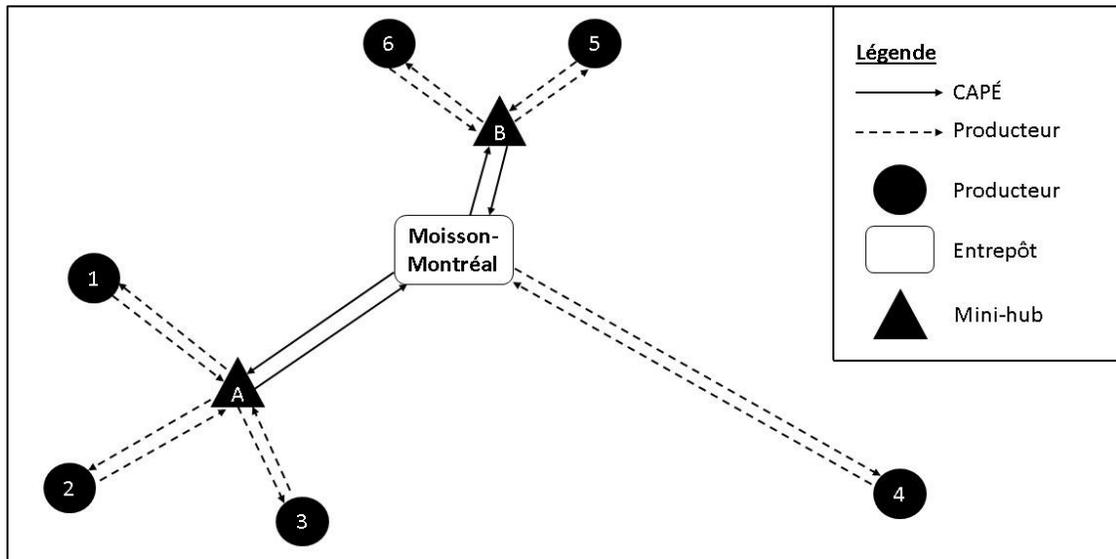


Figure 5 : Représentation graphique du modèle **Mini-Hub**

La Figure 5 illustre un exemple de solution du modèle Mini-Hub. Dans cette solution, les producteurs 1, 2, 3 rencontrent le camion de la CAPÉ au point A, les producteurs 5 et 6 rencontrent le camion de la CAPÉ au point B, et le producteur 4 livre sa marchandise

directement à l'entrepôt. Dans ce réseau, il est possible que certains producteurs doivent transporter une partie de leur commande eux-mêmes jusqu'à l'entrepôt. Afin d'éviter des coûts exagérés, le camion de la CAPÉ ne se déplace pas deux fois pour le même producteur. Le producteur en question sera responsable d'acheminer le reste de sa commande à Moisson-Montréal. En comparaison au **Réseau de Distribution Actuel**, il possède une multitude d'avantages qui seront présentés dans l'analyse coûts-bénéfices.

Le réseau **Mini-Hub** est défini sur un graphe $G'(N', A')$ où $N' = N \cup M$ avec $M = \{n+1, \dots, n+m\}$ représentant l'ensemble des mini-hubs et A' est l'ensemble des arcs. On associe à une demande nulle, soit $d_i = 0 \forall i \in M$ ainsi qu'un véhicule avec une capacité de transport en caisses de $q_i = q_0, \forall i \in M$, et une capacité de transport en temps $t_i > t_0, \forall i \in M$, avec chaque mini-hub. L'ensemble des arcs est défini comme l'ensemble des arcs entre les producteurs et les mini-hubs, entre les mini-hubs et l'entrepôt, et entre les producteurs et l'entrepôt, c'est-à-dire, $A' = \{(i,j) : i \in N \setminus \{0\}, j \in M\} \cup \{(i,j) : i \in M, j = 0\} \cup \{(i,j) : i \in N \setminus \{0\}, j = 0\}$. Chaque arc $(i,j) \in A'$ est associé à un coût $c_{ij} > 0$ qui représente le coût d'emprunter l'arc dans les deux directions (c'est-à-dire, un aller-retour) et à un temps de parcours $t_{ij} > 0$. L'inégalité triangulaire est respectée pour les coûts et les temps de parcours. De plus, il est à noter que nous ne générons pas les arcs qui ne respectent pas la capacité de transport du véhicule au nœud i .

Afin de formuler le problème, nous introduisons les variables entières x_{ij} qui indiquent le nombre de caisses transportées sur l'arc $(i,j) \in A'$ et les variables binaires Z_{ij} qui prennent la valeur 1 si l'arc $(i,j) \in A'$ est utilisé dans la solution, et 0 autrement. Le modèle Mini-Hub peut ainsi être formulé :

$$\min \sum_{(i,j) \in A'} c_{ij} Z_{ij} \quad (4)$$

$$\text{Sujet à } \sum_{j \in N', j \neq i} x_{ij} = d_i \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N \setminus \{0\}} x_{ij} = x_{j0} \quad \forall j \in M, \quad (6)$$

$$x_{ij} \leq q_i z_{ij} \quad \forall (i,j) \in A', \quad (7)$$

$$\sum_{j \in M \cup \{0\}} z_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, \quad (8)$$

$$x_{ij} \in \mathbb{N} \quad \forall (i,j) \in A', \quad (9)$$

$$z_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in A'. \quad (10)$$

La fonction-objectif (4) minimise les coûts totaux. Les contraintes (5) exigent que la quantité sortant d'un producteur soit égale à l'offre du producteur pour cette semaine. Ensuite, les contraintes (6) exigent que le flux soit maintenu au niveau du mini-hub. Les contraintes (7) exigent que la capacité des camions soit respectée. De sorte à éviter que les producteurs visitent plusieurs mini-hubs, les contraintes (8) limitent le nombre de routes possibles par producteur à une. Finalement, les contraintes (9) et (10) définissent le domaine des variables.

3.2.4 *Tournées Producteurs*

Le dernier modèle, nommé **Tournées Producteurs**, est semblable au modèle **Tournées CAPÉ**, sauf que ce sont les producteurs qui gèrent les livraisons. En plus de livrer sa propre commande, un producteur peut aller collecter la commande d'un ou plusieurs autres producteurs avant de se rendre jusqu'à l'entrepôt. Compte tenu de la capacité des camions des producteurs, la responsabilité des tournées est affectée au producteur ayant le camion avec la plus grande capacité.

La Figure 6 illustre un exemple de solution du modèle **Tournées producteurs**. Dans cette solution, le producteur 1 collecte les commandes des producteurs 2 et 3 et le producteur 6 collecte celle du producteur 5. Finalement, le producteur 4 achemine sa commande

directement à Moisson-Montréal parce qu'il n'y a pas d'opportunité de collaboration dû à la distance aux autres producteurs ou à des contraintes de capacité.

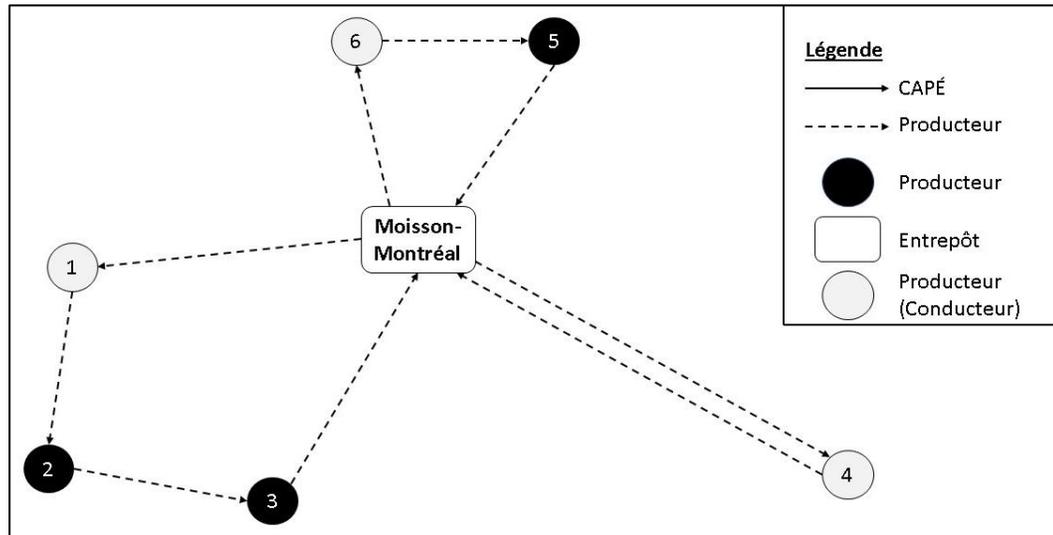


Figure 6 : Représentation graphique du modèle **Tournées Producteurs**

Le troisième et dernier modèle testé, soit **Tournées Producteurs**, est semblable au premier modèle potentiel présenté. Le modèle mathématique est identique, mais les routes sont différentes. L'ensemble des routes R' est défini comme l'ensemble des routes débutant à un producteur, visitant un sous-ensemble de producteurs, puis arrêtant à l'entrepôt de Moisson-Montréal avant de retourner au premier producteur. Les routes dans l'ensemble R' prennent ainsi la forme suivante : $r = (i_1, i_2, \dots, i_k, 0, i_1)$ débutant et à un nœud représentant un producteur (i_1), visitant un sous-ensemble de producteur et livrant la marchandise à l'entrepôt avant de retourner au producteur initial (i_1). Chaque paire de route et de producteur est associée à un paramètre binaire a_{ir} qui est égal à 1 si le producteur i est visité dans la tournée r , et 0 autrement. Ce modèle contient plus de routes que le modèle **Tournées CAPÉ**, car on ne peut pas simplement choisir la meilleure façon de faire chaque combinaison de producteur donnée. En effet, étant donné que chaque producteur a un camion avec une capacité différente, il faut prendre en compte tous les agencements possibles pour un regroupement de producteurs (p. ex. 1-2-3, 1-3-2, 2-1-3, 2-3-1, 3-1-2 et 3-2-1). Tout comme dans le modèle **Tournées CAPÉ**, les routes

dépassant la capacité totale du camion du producteur distribuant les produits ne seront pas considérées.

Nous introduisons les variables binaires y_r qui prennent la valeur 1 si la route r est choisie dans la solution optimale. Ce faisant, le modèle **Tournées Producteurs** peut être modélisé ainsi :

$$\min \sum_{r \in R'} c_r y_r \quad (11)$$

$$\text{sujet à } \sum_{r \in R'} a_{ir} y_r = 1 \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, \quad (12)$$

$$y_r \in \{0,1\} \quad \forall r \in R'. \quad (13)$$

La fonction objectif (11) minimise la somme des distances des routes. Les contraintes (12) exigent que les producteurs ne soient assignés qu'à une seule route. Les contraintes (13) définissent le domaine des variables.

3.2.5 Partage des coûts

Dans le **Réseau de Distribution Actuel**, il n'y a aucun partage des coûts entre les producteurs au niveau de la distribution. Toutefois, dans les modèles **Tournées CAPÉ et Mini-Hub**, les producteurs doivent inévitablement partager le coût du camion de la CAPÉ. Tel qu'analysé dans la revue de la littérature, il y a plusieurs méthodes de partage de coûts, mais en ce qui concerne la collaboration horizontale, les méthodes sont limitées. L'important est de s'assurer que les coûts partagés ne soient pas plus avantageux ou désavantageux pour certains producteurs. Six méthodes ont été choisies pour partager les coûts. Les trois premières méthodes utilisent des méthodes de partage de coûts égales. Pour les trois autres méthodes proportionnelles, nous avons utilisé la distance parcourue dans le **Réseau de Distribution Actuel** comme base pour déterminer la validité des méthodes. Par exemple, si le producteur 1 a roulé 8% du kilométrage total de tous les producteurs, la meilleure méthode sera celle qui est le plus près de 8%. Ce faisant, un

producteur éloigné paie plus cher pour les services de distribution du camion de la CAPÉ qu'un producteur à proximité de Montréal.

- 1) Égale – Fin de saison : Les producteurs se partagent les coûts totaux du camion de la CAPÉ de façon égale à la fin de la saison.
- 2) Égale – Hebdomadaire : Les producteurs ayant des livraisons durant une semaine donnée se partagent les coûts totaux de la semaine.
- 3) Égale – Route : Les producteurs partagent le coût de la route de façon égale avec les autres producteurs avec qui ils partagent la route
- 4) Proportionnelle – Fin de saison : Les producteurs se partagent les coûts de façon proportionnelle à la distance. Donc, un producteur près de la ville de Québec payera plus cher par route qu'un producteur près de Moisson-Montréal.
- 5) Proportionnelle – Hebdomadaire : Les producteurs ayant des livraisons durant une semaine donnée se partagent les coûts hebdomadaires de façon proportionnelle.
- 6) Proportionnelle – Route : Les producteurs se partagent les coûts de façon proportionnelle avec les autres producteurs avec qui ils partagent la route.

CHAPITRE 4 – RÉSULTATS

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats de nos analyses sur le **Réseau de Distribution Actuel, Tournées CAPÉ, Mini-Hub** et **Tournées Producteurs**. Afin de comparer tous ces modèles sur la même base, nous avons utilisé les ventes de la saison 2018 – 2019 et avons fait l’hypothèse que les ventes des années à venir suivraient la même tendance. Cette hypothèse a d’ailleurs été validée par la CAPÉ. Ainsi, il est possible de quantifier la performance de chaque modèle selon différents indicateurs de performance. L’objectif de ce chapitre est de présenter les résultats de ces analyses et de les combiner avec les métriques provenant de la recherche qualitative dans une analyse coûts-bénéfices. Ceci nous a donc permis de déterminer le modèle le mieux adapté pour le cas étudié.

4.1 Description des données

En premier lieu, il est important de rappeler les composantes principales du **Réseau de Distribution Actuel**.

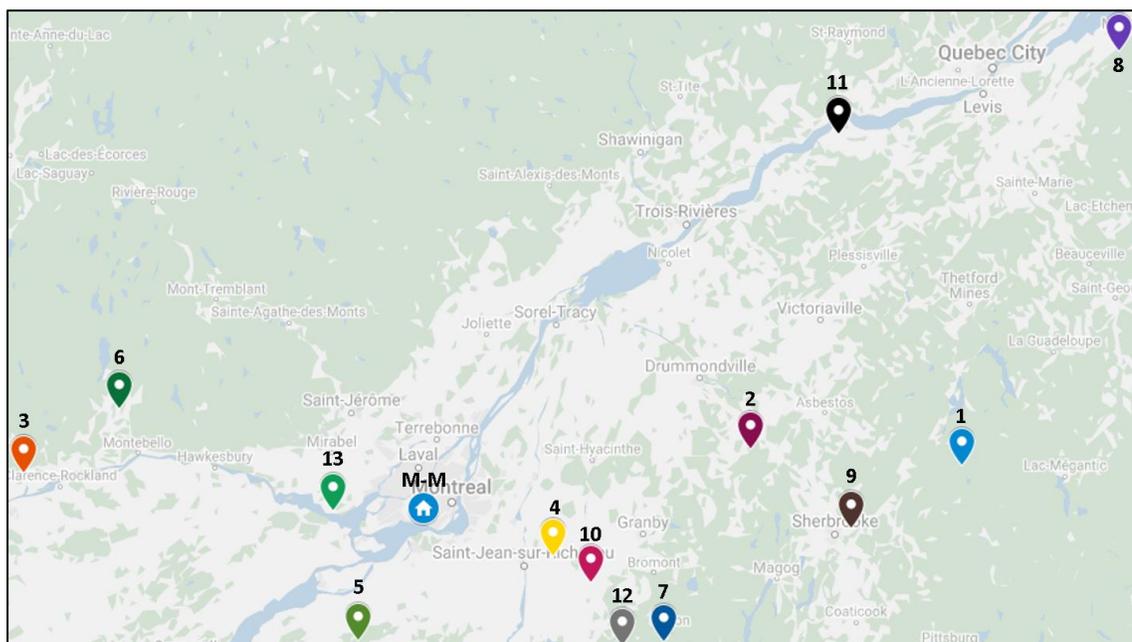


Figure 7: Localisation des producteurs membres des Bio Locaux d’hiver

La Figure 7 illustre la localisation des 13 producteurs et de l’entrepôt de Moisson-Montréal. On peut constater que les producteurs sont répandus majoritairement dans le sud du Québec. Tout de même, la distance entre certains producteurs et Moisson-Montréal

est un inconvénient majeur pour les producteurs devant livrer leurs commandes fréquemment. Le Tableau 2 illustre justement la distance entre les producteurs et Moisson-Montréal. Le producteur 8, par exemple, doit rouler 615 kilomètres aller-retour, dans une seule journée, pour livrer ses commandes à Moisson-Montréal.

Tableau 2 : Distances en kilomètres entre les producteurs et Moisson-Montréal

Producteur	Distance (aller)	Distance (retour)	Distance totale
1	221	217	438
2	130	128	258
3	162	164	326
4	65	61	126
5	62	82	144
6	143	145	288
7	124	120	244
8	309	306	615
9	173	168	341
10	80	77	157
11	215	214	429
12	109	104	213
13	48	50	98

La CAPÉ nous a fourni les données de ventes pour la saison 2018 – 2019 (23 semaines).

Tableau 3 : Statistiques descriptives pour la saison 2018 – 2019

Producteur	Minimum	Moyenne	Médiane	Maximum	Écart-type	Nombre de commandes
1	95	109	111	132	15	5
2	32	55	55	77	32	2
3	13	32	28	59	21	6
4	23	86	76	191	44	14
5	7	32	33	56	19	6
6	18	79	82	160	53	8
7	9	45	28	114	35	9
8	30	31	31	31	1	2
9	5	12	10	29	8	8
10	6	233	252	372	99	13
11	12	90	68	192	66	9
12	54	120	121	184	65	3
13	103	103	103	103		1

Le Tableau 3 résume les statistiques descriptives de chaque producteur pour la saison 2018 – 2019. Pour chaque producteur, on retrouve le nombre minimal, maximal, la moyenne et la médiane sur le nombre de caisses transportées par semaine, puis on présente le nombre de commandes durant la saison totale ainsi que l'écart-type sur le nombre de caisses. Cette analyse nous a permis d'identifier certaines particularités au niveau de la distribution. D'abord, il y a une grande variabilité au niveau de la moyenne commandée auprès des producteurs. On se retrouve ainsi avec des producteurs de petite taille, comme le producteur 3, et des producteurs de grande taille, comme le producteur 10. Ensuite, la majorité des producteurs livre moins de 10 fois par saison, soit environ une semaine sur deux. Finalement, nous avons constaté que la variabilité au niveau des quantités commandées et des fréquences de commandes pourrait s'avérer problématique au niveau de la planification.

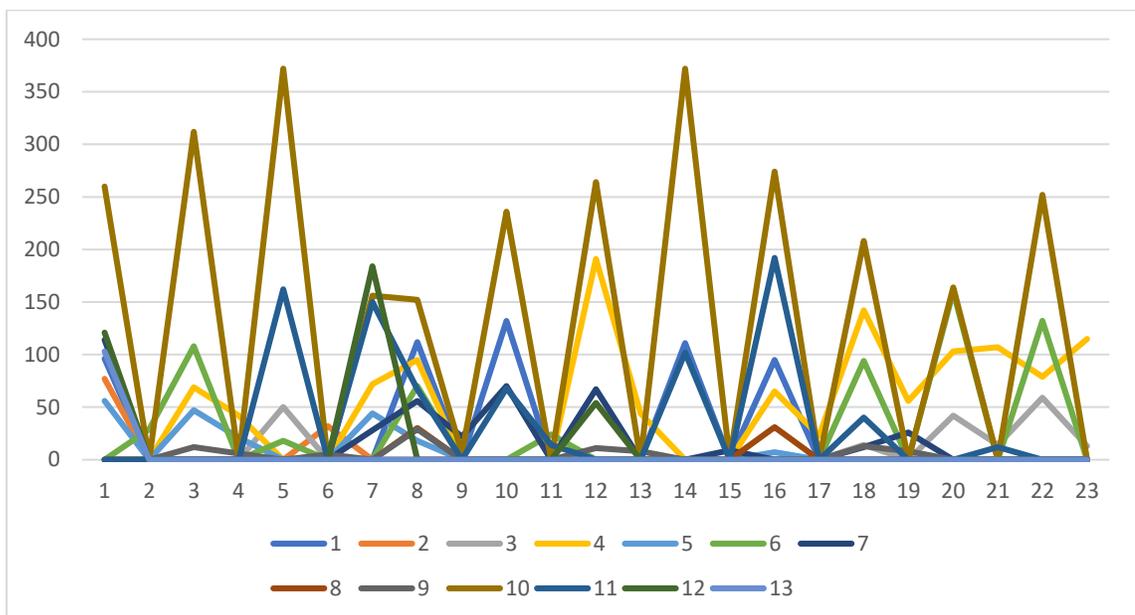


Figure 8 : Évolution de la demande par producteur durant la saison 2018 – 2019

La Figure 8 représente l'évolution de la demande par producteur. On remarque tout de suite que la demande est élevée pour les semaines impaires et basses pour les semaines paires. Ceci s'explique par le simple fait que la CAPÉ fonctionne sur un système à deux semaines. Ce faisant, les produits commandés durant les semaines paires répondent

généralement aux pénuries survenues durant la semaine précédente. On retrouve les données détaillées sur les ventes (par semaine, par producteur) à l'Annexe 6.

Tableau 4 : Informations sur les producteurs

Producteur	Capacité du camion	Consommation (L/100 KM)
1	198	17
2	90	14
3	65	11
4	90	14
5	180	17
6	180	17
7	90	14
8	180	17
9	20	9
10	373	20
11	180	17
12	60	11
13	180	17

Le Tableau 4 présente les informations reliées à la capacité des camions des producteurs (en nombre de caisses) ainsi que la consommation (litres par 100 km) de ces camions. La consommation en carburant a permis d'estimer les coûts. Nous rappelons que le camion de la CAPÉ a une capacité de 240 caisses et sa consommation en carburant est estimé à 17 litres pour chaque 100 kilomètres parcouru.

Afin de déterminer la matrice des distances, nous avons utilisé l'outil VRP Spreadsheet Solver¹ qui fait appel à Bing Maps pour générer la distance et le temps de chaque route possible. Bien que la matrice des distances et le temps ne soient pas en temps réel, c'est-à-dire que le trafic, les travaux, la météo et les autres facteurs pouvant affecter les délais de transport ne sont pas considérés, cela permet tout de même une bonne estimation pour nos modèles.

¹ <https://people.bath.ac.uk/ge277/vrp-spreadsheet-solver/>

Tableau 5 : Extrait de la matrice des distances

De	À	Distance	Temps (heures)
1	Moisson-Montréal	220	2:19
1	1	0	0:00
1	2	103	1:14
1	3	374	3:53
1	4	170	1:49
1	5	263	2:54
1	6	355	3:42
1	7	148	1:49
1	8	226	2:34
1	9	50	0:42
1	10	165	1:47
1	11	165	2:09
1	12	159	1:56
1	13	262	2:49

Le Tableau 5 est un extrait de la matrice des distances. La colonne 1 illustre le point de départ, soit un producteur ou Moisson-Montréal, tandis qu'on retrouve le point d'arrivée dans la colonne 2. Les deux dernières colonnes illustrent la distance et le temps pour rejoindre le point d'arrivée à partir du point de départ.

La dernière partie des données importantes sont les coûts. Étant donné que la CAPÉ possède déjà un camion, nous n'avons pas considéré les divers frais d'acquisition d'un camion. Les coûts opérationnels qui ont été considérés sont les suivants :

- 1) Salaire du chauffeur à 20,20\$ de l'heure.
- 2) Coût du carburant à 1,20\$ par litre.
- 3) Entretien du camion à 0,06\$ du kilomètre pour le camion de la CAPÉ. Pour les producteurs, le coût par kilomètre varie entre 0,02\$ et 0,08\$, et est une fonction de leur consommation.
- 4) Coût d'opportunité à 0\$, 15\$ et 20\$ de l'heure. Cela représente le temps passé sur la route par les producteurs. Ils ne sont pas payés pour faire la distribution, mais comme indiqué par les producteurs durant les entrevues, aller à Moisson-Montréal peut prendre une demi-journée. L'objectif était de comparer les effets d'une

variation dans le coût d'opportunité. À 0\$, on ne retrouve que les coûts opérationnels. Le coût d'opportunité à 20\$ est le plus réaliste étant donné que cela reflète mieux le salaire horaire d'un camionneur.

4.2 Modèles de distribution collaborative

Dans cette sous-section la performance de chaque modèle testé et du **Réseau de Distribution Actuel** sera présentée. La comparaison entre les modèles est présentée dans la section 4.3. En plus des résultats, certains détails pertinents et particularités des modèles sont mentionnés. Afin de résoudre nos trois modèles potentiels, nous avons utilisé le logiciel Excel de Microsoft. Puisque le solveur d'Excel ne peut pas accommoder la taille de nos modèles (nombre de variables et de contraintes), nous avons utilisé le complément d'Excel nommé OpenSolver². Ce solveur à *code ouvert* n'a pas de limite de cellules variables. Il est à noter que toutes les instances sont résolues en quelques secondes. Ce faisant, le recours à un solveur commercial plus performant, tel que CPLEX ou Gurobi, n'a pas été nécessaire. De plus, pour la CAPÉ, il était plus pratique d'utiliser Excel compte tenu du manque d'expertise en optimisation.

4.2.1 Réseau de Distribution Actuel

Dans le **Réseau de Distribution Actuel**, il n'y a aucune collaboration. Ce faisant, nous avons pu évaluer la distance parcourue pour chaque producteur durant la saison. Le Tableau 6 présente pour chaque producteur le kilométrage total parcouru durant la saison 2018-2019, le nombre de voyages effectués, ainsi que l'utilisation moyenne de la capacité de leur camion. On peut ainsi remarquer que certains producteurs, comme le producteur 11, ont fait beaucoup plus de kilométrage durant la saison que les autres producteurs. Ceci s'explique majoritairement par la distance à parcourir et/ou la fréquence de livraisons. En effet, on peut également remarquer que certains autres producteurs, comme le producteur 4, ont fait plus de voyages. Au total, les producteurs ont roulé 25 001 kilomètres en 99 voyages. On peut également remarquer que, bien que pour certains producteurs leur capacité soit insuffisante (p. ex. producteur 12 pour lequel deux ou trois allers-retours sont

² <https://www.opensolver.org/>

parfois nécessaires pour livrer la marchandise), la capacité des camions des producteurs était grandement sous-utilisée durant la saison 2018 – 2019.

Tableau 6 : Kilométrage parcouru par les producteurs durant la saison 2018 – 2019

Producteur/CAPÉ	Kilométrage	Nombre de voyages	Utilisation moyenne de la capacité
1	2 627	6	55%
2	517	2	61%
3	1 955	6	50%
4	2 393	19	99%
5	863	6	24%
6	2 303	8	44%
7	2 683	11	50%
8	1 231	2	17%
9	2 727	8	58%
10	2 042	13	65%
11	3 857	9	71%
12	1 706	8	224%
13	98	1	57%
CAPÉ	0	0	
Total	25 001	99	

Tel que mentionné précédemment, les coûts considérés sont les coûts opérationnels et les coûts d'opportunité pour les producteurs. Nous présentons différents coûts d'opportunité à des fins de comparaison, mais dans l'optique de représenter la réalité, nous avons considéré le coût d'opportunité à 20\$ de l'heure lors de notre analyse coûts-bénéfices. Le Tableau 7 présente, pour chaque producteur, son coût total (en fonction du coût d'opportunité) pour la saison 2018-2019. Ces résultats démontrent qu'il y a une grande différence au niveau des coûts par producteur : certains producteurs paient beaucoup plus cher que d'autres. Par exemple, six producteurs sur treize ont des coûts supérieurs à 1 000\$, tandis que trois producteurs ont des coûts inférieurs à 400\$. Les coûts totaux du réseau, incluant le coût d'opportunité à 20\$ de l'heure, sont de 11 766\$.

Tableau 7 : Coûts totaux par producteur pour le Réseau de Distribution Actuel

Producteur	Coût total (Coût d'opportunité à 0\$/H)	Coût total (Coût d'opportunité à 15\$/H)	Coût total (Coût d'opportunité à 20\$/H)
1	694 \$	1 174 \$	1 334 \$
2	118 \$	196 \$	244 \$
3	297 \$	595 \$	773 \$
4	546 \$	910 \$	1 129 \$
5	228 \$	359 \$	438 \$
6	608 \$	959 \$	1 169 \$
7	612 \$	1 020 \$	1 266 \$
8	325 \$	512 \$	625 \$
9	333 \$	748 \$	997 \$
10	613 \$	923 \$	1 110 \$
11	1 018 \$	1 605 \$	1 958 \$
12	259 \$	519 \$	675 \$
13	26 \$	41 \$	50 \$
Total	5 675 \$	9 562 \$	11 766 \$

Pour compléter cette sous-section sur le **Réseau de Distribution Actuel**, la Figure 9 illustre une carte du réseau pour la semaine 1 de la saison 2018 – 2019. L'inefficience du réseau saute aux yeux dans cette figure. Plusieurs producteurs voisins, comme les producteurs 1 et 2, utilisent pratiquement la même route pour aller à Moisson-Montréal, mais ne collaborent pas ensemble. On peut observer la même conclusion pour les producteurs 7 et 12.

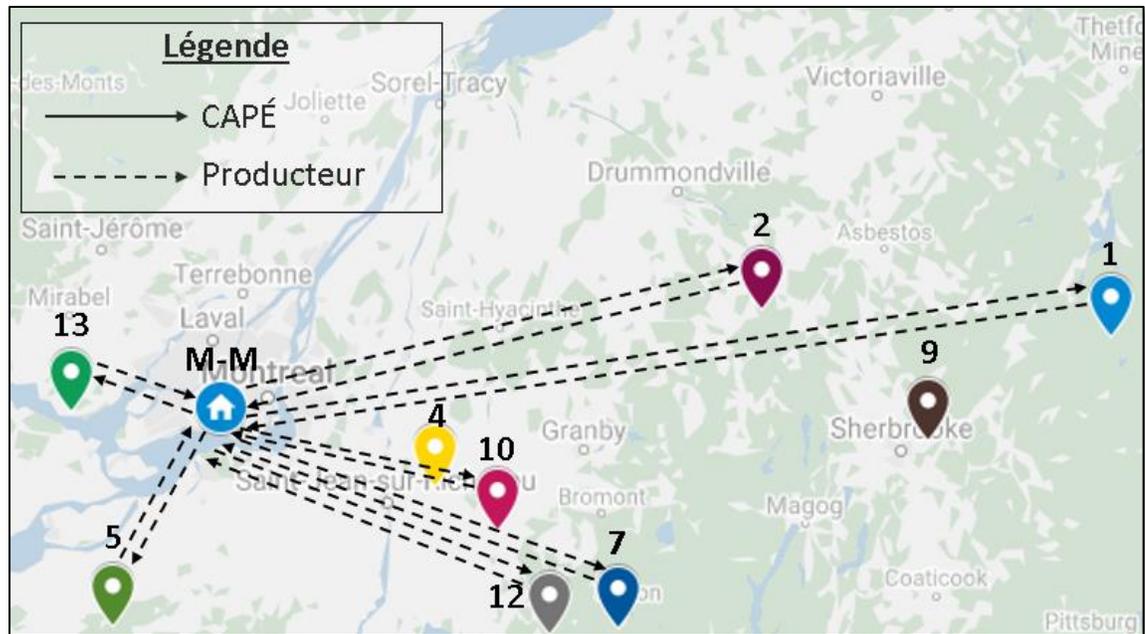


Figure 9: Réseau de Distribution Actuel – Semaine 1

4.2.2 Tournées CAPÉ

Rappelons que, dans le modèle **Tournées CAPÉ**, la CAPÉ s’occupe d’aller chercher les produits chez les producteurs. Ceux-ci ne font donc aucune distribution, à moins que la capacité du camion de la CAPÉ ne soit pas suffisante pour la commande d’un producteur. Le Tableau 8 illustre le kilométrage parcouru par les producteurs et la CAPÉ. On constate que la CAPÉ aurait roulé 15 958 kilomètres en utilisant ce modèle, soit plus de 90% du kilométrage total. Le producteur 10 a également roulé 1 256 kilomètres puisque certaines commandes dépassaient la capacité du camion de la CAPÉ. Au total, le kilométrage total du réseau est de 17 214 kilomètres, soit une réduction de 7 878 kilomètres en comparaison au **Réseau de Distribution Actuel**.

Tableau 8: Kilométrage du modèle **Tournées CAPÉ**

Producteur/CAPÉ	Kilométrage
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	1 256
11	0
12	0
13	0
CAPÉ	15 958
Total	17 214

Le Tableau 9 représente le total des coûts. Le coût total pour la saison est de 8 980\$. Les coûts opérationnels regroupent différentes dépenses pour le camion de la CAPÉ, comme l'usage et le carburant. Le camionneur de la CAPÉ aurait roulé 196 heures et aurait fait environ 24 heures de manutention durant la saison. Donc, à 20,20\$ de l'heure, ceci arrive à 4 213\$. Nous avons également constaté que dans ce modèle, les coûts d'opportunité sont faibles. En effet, la majorité des producteurs ne font pas de distribution, à l'exception du producteur 10. Étant donné que c'est un modèle de distribution collaborative, les coûts du camion de la CAPÉ doivent être partagés entre les producteurs (voir sous-section 4.3.3).

Tableau 9 : Coûts totaux par producteur pour le modèle **Tournées CAPÉ**

Coûts opérationnels	Salaire de l'employé de la CAPÉ	Coûts d'opportunité (20\$/H)	Coût total
4 443 \$	4 213 \$	325 \$	8 980 \$

Pour compléter cette sous-section sur le modèle **Tournées CAPÉ**, la Figure 10 illustre une carte du réseau de la semaine 1 de la saison 2018 – 2019 avec quatre routes. La première est faite par le producteur 10, étant donné que sa commande dépasse la capacité

du camion de la CAPÉ mais pas le sien. Dans les trois autres routes, le camion de la CAPÉ visite deux producteurs à la fois pour un total de 1 021 kilomètres.

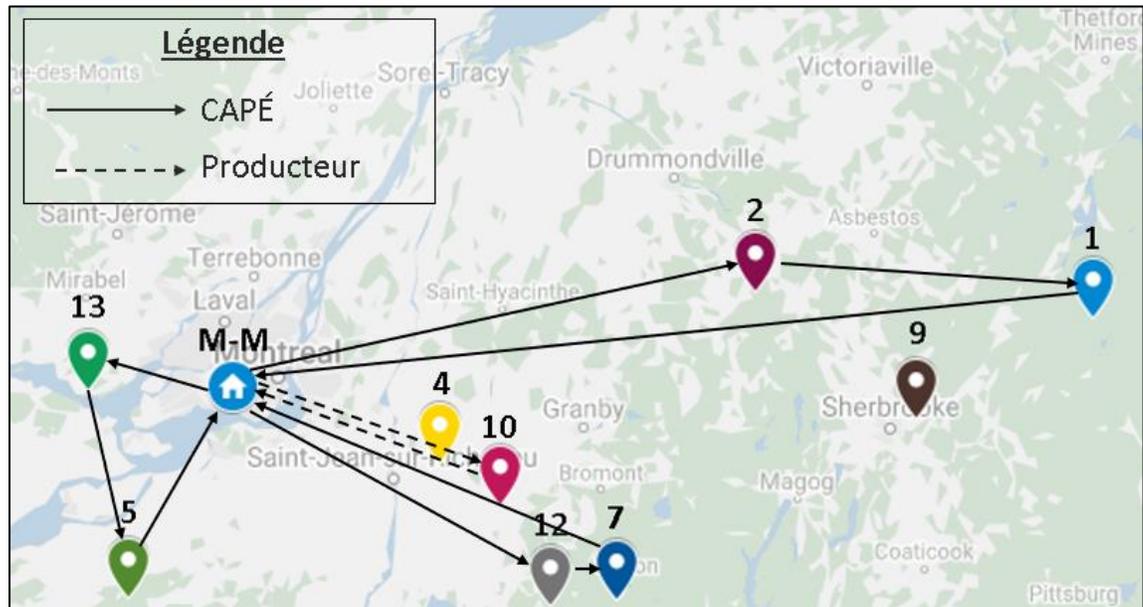


Figure 10 : Tournées CAPÉ – Semaine 1

4.2.3 Mini-Hub

Rappelons que, dans le modèle **Mini-Hub**, la CAPÉ rencontre les producteurs dans un arrêt routier ou un stationnement localisé entre leurs fermes et l’entrepôt. La responsabilité de la distribution est donc partagée entre la CAPÉ et les producteurs. Les arrêts routiers ont été sélectionnés à partir de l’outil Québec 511³. Nous avons sélectionné les arrêts routiers pertinents, soit ceux qui sont localisés à proximité des producteurs. Pour les stationnements, nous avons utilisé Google Maps⁴ pour localiser différents commerces ayant un grand stationnement, comme des épiceries.

Le tableau 10 montre que la CAPÉ aurait roulé 5 964 kilomètres. De l’autre côté, les producteurs auraient roulé 14 700. La grande différence s’explique principalement par le fait que certains producteurs font des allers-retours jusqu’à l’entrepôt compte tenu des

³ <https://www.quebec511.info/fr/Diffusion/Haltes/Default.aspx>

⁴ <https://www.google.com/maps>

contraintes de capacité. Au total, les producteurs font 85 voyages. La performance du modèle est comparable au modèle **Tournées Producteurs**.

Tableau 10 : Kilométrage du modèle **Mini-Hub**

Producteur/CAPÉ	Kilométrage
1	1 242
2	68
3	1 011
4	1 988
5	728
6	1 193
7	1 251
8	330
9	1 708
10	1 440
11	2 731
12	987
13	22
CAPÉ	5 964
Total	20 664

Le Tableau 11 contient les détails des coûts du modèle **Mini-Hub**. Les coûts sont inférieurs au **Réseau de Distribution Actuel** grâce aux faibles coûts opérationnels, mais les coûts d'opportunité demeurent très élevés étant donné que les producteurs participent à la distribution.

Tableau 11 : Coûts totaux par producteur pour le modèle **Mini-Hub**

Coûts opérationnels	Salaire de l'employé de la CAPÉ	Coûts d'opportunité (20\$/H)	Coût total
3 347 \$	3 270 \$	3 857 \$	10 474 \$

Pour compléter cette sous-section sur le modèle **Mini-Hub**, la Figure 11 illustre le réseau de la semaine 1 de la saison 2018 – 2019 dans lequel il y a quatre routes. La première est faite par le producteur 10, étant donné que sa commande dépasse la capacité du camion de la CAPÉ mais pas le sien. Dans les trois autres routes, le camion de la CAPÉ rencontre trois fois deux producteurs à un mini-hub, avant de retourner à Moisson-Montréal.

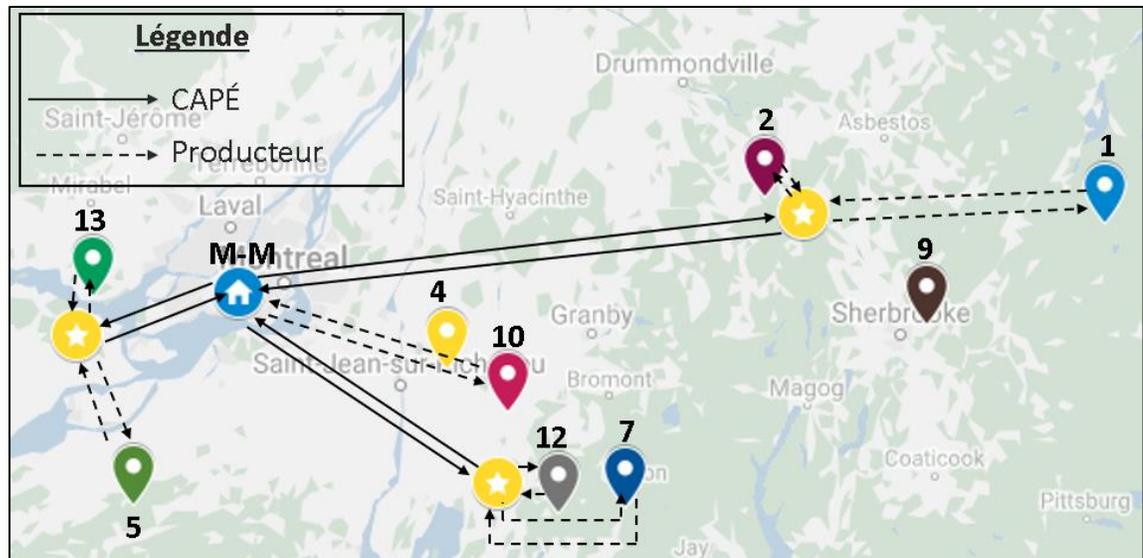


Figure 11 : *Mini-Hub – Semaine 1*

4.2.4 Tournées producteurs

Rappelons que dans le modèle **Tournées Producteurs**, les producteurs collaborent pour faire la distribution jusqu'à Moisson-Montréal. Le camion de la CAPÉ n'est donc pas utilisé. Le Tableau 12 démontre que les producteurs parcourent 20 322 kilomètres en utilisant le modèle **Tournées Producteurs**, en près de 30% moins de voyages que le **Réseau de Distribution Actuel**. Le modèle est donc plus performant que le **Réseau de Distribution Actuel** puisque les producteurs auraient roulé 4 679 kilomètres en moins, sans acheter ou gérer de ressources supplémentaires. De plus, les producteurs font 61 voyages, soit 38 de moins que dans le **Réseau de Distribution Actuel**. On remarque toutefois que certains producteurs font beaucoup plus de voyages que les autres, plus spécifiquement les producteurs 4 et 10, ce qui s'explique parce que la capacité de leur camion est grande et qu'ils sont souvent choisis comme chauffeur dans les solutions.

Tableau 12 : Kilométrage du modèle **Tournées Producteurs**

Producteur/CAPÉ	Kilométrage	Nombre de voyages
1	2968	6
2	357	1
3	652	2
4	4438	13
5	299	1
6	2704	8
7	2009	5
8	1270	2
9	341	1
10	2042	13
11	2433	5
12	640	3
13	170	1
CAPÉ	0	0
Total	20322	61

Au niveau des coûts, le Tableau 13 affiche un coût total de 11 923\$, ce qui n'est pas vraiment avantageux en comparaison au **Réseau de Distribution Actuel**. Nous constatons que le coût d'opportunité est élevé parce que les producteurs font la distribution, une activité sans valeur ajoutée. Ensuite, au niveau du salaire des producteurs, on obtient un coût total de 2 664\$. Cela représente la compensation qu'un producteur donne au producteur qui transporte sa commande. Bref, malgré les gains au niveau opérationnel et des coûts d'opportunité, la compensation offerte vient diminuer la rentabilité du modèle.

Tableau 13 : Coûts totaux par producteur pour le modèle **Tournées Producteurs**

Coûts opérationnels	Salaire des producteurs	Coûts d'opportunité (20\$/H)	Coût total
4 277 \$	2 664 \$	4 981 \$	11 923 \$

Pour compléter cette sous-section sur le modèle **Tournées Producteurs**, la Figure 12 illustre une carte réseau de la semaine 1 de la saison 2018 – 2019 dans lequel il y a quatre routes. Une des routes est faite par un seul producteur. Dans les trois autres routes, trois ensembles de deux producteurs collaborent pour la distribution. Le kilométrage total

s'élève à 1 635 kilomètres. Ceci s'explique par le fait que les producteurs 7 et 12 ont dû faire un aller-retour individuel étant donné certaines contraintes de capacité.

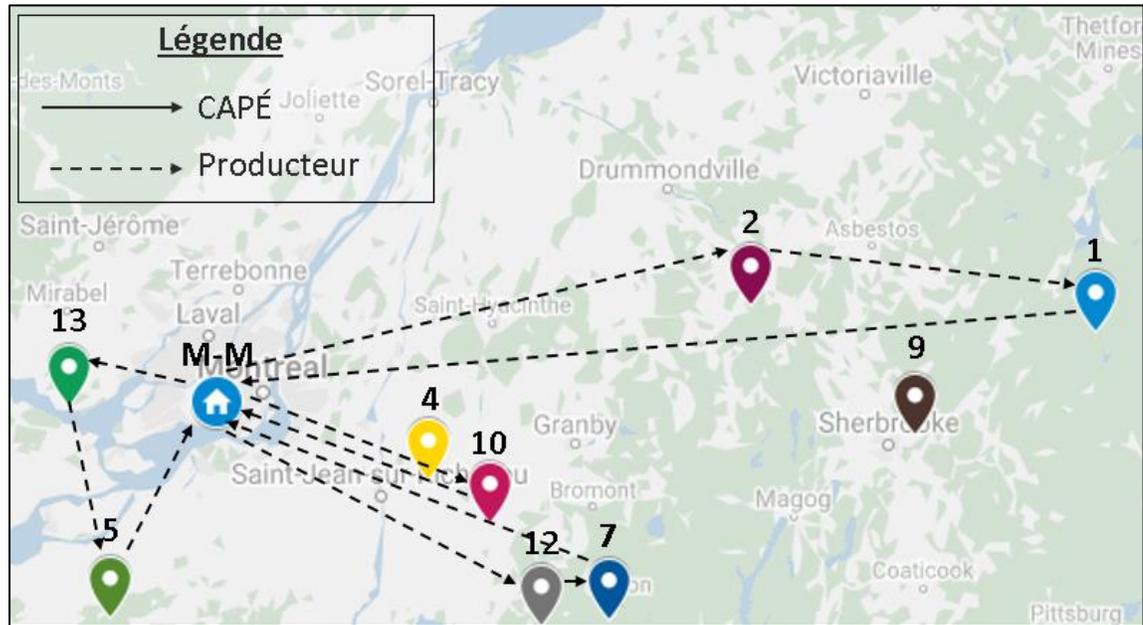


Figure 12 : Tournées Producteurs – Semaine 1

4.3 Analyse coûts-bénéfices

Dans cette sous-section, il sera d'abord question d'une comparaison des différents modèles sur les métriques quantitatives et qualitatives présentées plus tôt. À la suite de cette analyse, nous avons testé la performance des routes robustes et différentes méthodes de partage de coûts entre les producteurs.

4.3.1 Comparaison des modèles

La section 4.3.1 a pour objectif de comparer les trois modèles testés au **Réseau de Distribution Actuel**. Nous commencerons par présenter les différentes métriques analysées dans la section 4.2. Par la suite, nous comparerons d'autres facteurs qualitatifs. Finalement, après avoir terminé ces analyses comparatives, nous présenterons nos recommandations dans la prochaine sous-section.

Étant donné leurs nombreuses différences au niveau opérationnel, les trois modèles ont différents avantages et désavantages. Les entrevues avec les producteurs et nos recherches

dans la littérature nous ont permis d'en identifier quelques-uns. Toutefois, une analyse quantitative était nécessaire afin de déterminer la performance de chaque modèle. Pour avoir une vue d'ensemble, de nombreux indicateurs de performance ont été analysés. Une fois l'analyse quantitative complétée dans la sous-section précédente, nous avons fait une analyse coûts-bénéfices pour évaluer une multitude de critères avec chaque modèle. Certains sont qualitatifs, tandis que d'autres sont quantitatifs. Voici la liste exhaustive :

- Kilométrage total;
- Kilométrage des producteurs;
- Nombre de déplacements des producteurs;
- Coûts totaux;
- Coûts opérationnels;
- Coûts d'opportunité;
- Simplicité du modèle;
- Simplicité de la manutention;
- Préférences des producteurs;
- Degré de synchronisation nécessaire;
- Sensibilité aux conditions météorologiques.

Tableau 14: Comparaison du kilométrage par modèle

Producteur	Tournées CAPÉ	Mini-Hub	Tournées Producteurs
1	-100%	-53%	13%
2	-100%	-87%	-31%
3	-100%	-48%	-67%
4	-100%	-17%	85%
5	-100%	-16%	-65%
6	-100%	-48%	17%
7	-100%	-53%	-25%
8	-100%	-73%	3%
9	-100%	-37%	-87%
10	-38%	-29%	0%
11	-100%	-29%	-37%
12	-100%	-42%	-62%
13	-100%	-78%	73%
Moyenne	-95%	-47%	-14%

Le Tableau 14 présente la différence du kilométrage en pourcentage de nos trois modèles en comparaison au **Réseau de Distribution Actuel**. On peut ainsi remarquer que peu importe le modèle de distribution collaboratif implanté, le nombre de kilomètres parcourus diminue. En termes de nombre de kilomètres parcourus, le modèle **Tournées CAPÉ** est celui qui réduit le plus le kilométrage effectué par les producteurs et qui réduit le kilomètre total du réseau (une diminution d'environ 8 000 kilomètres par rapport au réseau actuel, soit une diminution de 31% du kilométrage du **Réseau de Distribution Actuel**). Les modèles **Mini-Hub** et **Tournées Producteurs** sont également performants et similaires en ce qui concerne la diminution du nombre de kilomètres. Cependant, dans le modèle **Tournées Producteurs**, la totalité du kilométrage est effectué par les producteurs, alors que dans le modèle **Mini-Hub** environ 25% du kilométrage est effectué par la CAPÉ.

Tableau 15: Comparaison du nombre de voyages par modèle en pourcentage

Producteur	Tournées CAPÉ	Mini-Hub	Tournées Producteurs
1	-100%	0%	0%
2	-100%	0%	-50%
3	-100%	50%	-67%
4	-100%	-32%	-32%
5	-100%	-33%	-83%
6	-100%	-25%	0%
7	-100%	-18%	-55%
8	-100%	0%	0%
9	-100%	0%	-88%
10	-38%	0%	0%
11	-100%	0%	-44%
12	-100%	-63%	-63%
13	-100%	0%	0%
Moyenne	-95%	-9%	-37%

Les producteurs nous ont dit qu'il est important pour eux de diminuer leurs déplacements jusqu'à Moisson-Montréal. Nous avons donc pris en compte le nombre de déplacements par les producteurs. Le Tableau 15 présente, pour chaque modèle, la différence en pourcentage entre le nombre de voyage entre nos trois modèles et le **Réseau de Distribution Actuel**. Peu importe le modèle de distribution collaborative utilisé, le nombre de déplacements diminue d'au moins 14% et d'au plus 92%. Le modèle **Tournées CAPÉ** est celui qui permet de réduire le plus le nombre de déplacements, alors que le modèle **Tournées Producteurs** semble être une bonne alternative si la responsabilité des déplacements demeure au niveau des producteurs.

Nous avons ensuite comparé la performance des modèles en fonction des coûts. Le Tableau 16 présente, pour chaque réseau, la différence de coûts entre nos trois modèles et le **Réseau de Distribution Actuel**. On peut y observer les coûts opérationnels, le salaire de l'employé de la CAPÉ et des producteurs, les coûts d'opportunité (avec un coût de 20\$) et le coût total. Cette analyse nous permet de remarquer que le modèle **Tournées CAPÉ** est le plus performant et permet une réduction des coûts de plus de 2 500\$. Le modèle **Mini-Hub** permet également de réduire les coûts par rapport à la situation actuelle, et c'est celui qui permet les coûts opérationnels les plus faibles. Finalement, le

modèle **Tournées Producteurs** est le plus coûteux, ce qui s'explique par le fait que non seulement les producteurs paient d'autres producteurs pour faire la livraison, mais ils ont également un coût d'opportunité élevé étant donné qu'ils continuent à faire les routes.

Tableau 16 : Comparaison des coûts par modèle

Type de coût	Tournées CAPÉ	Mini- Hub	Tournées Producteurs
Coûts opérationnels	-1 232 \$	-2 328 \$	-1 398 \$
Salaire de l'employé de la CAPÉ/Producteurs	4 213 \$	3 270 \$	2 664 \$
Coûts d'opportunité	-5 766 \$	-2 234 \$	-1 110 \$
Coût total	-2 786 \$	-1 292 \$	157 \$

Nous allons maintenant résumer les avantages qualitatifs et quantitatifs de tous les modèles. Nous résumerons les résultats, ainsi que les préférences des producteurs.

Au niveau des avantages du **Réseau de Distribution Actuel**, ceux-ci ne sont pas liés à la performance, mais bien à la simplicité. En effet, sans collaboration, la communication et la synchronisation entre les producteurs et la CAPÉ ne sont pas nécessaires. De plus, les producteurs sont déjà habitués au **Réseau de Distribution Actuel**. Toutefois, les routes ne sont pas performantes. Parmi les trois modèles testés, le **Réseau de Distribution Actuel** était de loin celui avec le plus de kilométrage. Ensuite, comme identifié plus haut, la capacité des camions des producteurs n'est pas utilisée de façon efficiente, et est souvent inférieure à 50%. Finalement, comme soulevé par les producteurs durant les entrevues, ceux-ci perdent énormément de temps à faire de la distribution en comparaison aux trois autres modèles testés.

Au niveau des avantages du modèle **Tournées CAPÉ**, on retrouve d'abord la performance. En comparaison au **Réseau de Distribution Actuel**, les producteurs auraient roulé 23 745 kilomètres en moins si c'est la CAPÉ qui fait la majorité de la distribution. Au total, le modèle **Tournées CAPÉ** diminuerait le kilométrage de 7 787 kilomètres. De plus, les producteurs auraient fait 91 voyages en moins au total. Les coûts diminueraient de 2 786\$ comparativement au **Réseau de Distribution Actuel**. C'est également le modèle préféré des producteurs avec qui nous avons discuté. Au niveau des

désavantages, on retrouve d'abord l'embauche d'un camionneur. Depuis plusieurs années, la pénurie de chauffeurs est problématique, bien que la situation s'améliore⁵. Cela pourrait donc être difficile pour la CAPÉ de trouver un camionneur. Le deuxième désavantage principal est rattaché à la gestion des routes. En effet, la CAPÉ devra planifier les routes et informer le chauffeur ainsi que les producteurs de celles-ci. Il sera donc crucial que chaque producteur soit prêt à embarquer ses produits dans le camion de la CAPÉ lors de son arrivée afin de ne pas retarder l'horaire du chauffeur.

L'avantage principal du modèle **Tournées Producteurs** est que les producteurs et la CAPÉ n'ont pas à acquérir de nouvelles ressources, soit humaines ou physiques. En collaborant, le modèle **Tournées Producteurs** est semblable au **Réseau de Distribution Actuel**, mais avec des routes légèrement plus performantes et moins de voyages. Le désavantage principal est que certains producteurs deviennent pratiquement des distributeurs. Dû à leur proximité à d'autres producteurs et leur plus gros camion, ils sont souvent désignés comme chauffeur. Tandis que d'autres, comme le producteur 5, ne feraient qu'un voyage, au lieu de six. On constate ainsi qu'il y a une inéquité dans la division des tâches, c'est-à-dire dans les voyages vers l'entrepôt, dans le modèle **Tournées Producteurs**. Ensuite, bien que le producteur 10 détienne une capacité de 373 caisses, il ne peut pas transporter les commandes appartenant à d'autres producteurs compte tenu d'enjeux légaux reliés à une certification en transport. Cela affaiblit considérablement le modèle.

Malgré la performance adéquate, le modèle **Mini-Hub** n'a pas beaucoup d'avantages significatifs en comparaison aux deux autres modèles testés. Toutefois, malgré le nombre de voyages élevé pour les producteurs, ceux-ci sont beaucoup plus courts en comparaison au **Réseau de Distribution Actuel** parce qu'ils sont de courtes durées. De plus, ce modèle permet d'avoir un partage équitable des responsabilités entre les producteurs et la CAPÉ. Le modèle a toutefois de nombreux désavantages. Tout comme dans le modèle **Tournées CAPÉ**, il y a l'aspect de la gestion des routes et de l'embauche d'un chauffeur. Ensuite, les producteurs nous ont fait part qu'ils craignent que la manutention soit difficile à faire

⁵ <https://www.transportroutier.ca/nouvelles/la-penurie-de-chauffeurs-est-legere-selon-quebec/>

dans un lieu public. Sans l'équipement approprié, les conditions météorologiques, telles que le froid, la pluie et la neige, pourraient être un frein majeur dans l'exécution de la manutention. Finalement, quatre des six producteurs interrogés ont expliqué qu'il pourrait être difficile, par moment, de ne pas être en retard au point de rencontre. Bien sûr, des pénalités de retard pourraient être implantées, mais cela ne représente pas la situation idéale, et n'est pas dans la culture de la CAPÉ.

Finalement, dans les trois modèles que nous avons testés, la gestion des caisses vides est différente. Dans le premier modèle testé, soit **Tournées CAPÉ**, le camion de la CAPÉ livre les caisses propres et vides directement chez les producteurs au moment de la collecte de commandes. Avec le modèle **Mini-Hub**, le camion de la CAPÉ livre des caisses vides aux différents points de rencontre. Rendus au point de rencontre, la CAPÉ et les producteurs s'échangent les caisses pleines et les vides. Dans le modèle **Tournées Producteurs**, les producteurs ramènent des caisses vides lorsqu'ils vont à Moisson-Montréal, comme dans le **Réseau de Distribution Actuel**. Le modèle **Tournées CAPÉ** est sans nul doute celui qui minimise la complexité associée à la gestion des caisses vides.

Le Tableau 17 résume les avantages et les désavantages de chaque modèle. Nous avons classé les modèles d'un à quatre, quatre étant le meilleur modèle. Sans surprise, le modèle **Tournées CAPÉ** performe mieux que les autres modèles. C'est donc sur ce modèle que nous avons décidé de tester la faisabilité des routes robustes et différentes méthodes de partage de coûts.

Tableau 17 : Analyse coûts-bénéfices

Indicateur de performance	Réseau de distribution actuel	Tournées CAPÉ	Mini-Hub	Tournées Producteurs
KM Total	1	4	2	3
KM Producteurs	1	4	3	2
Coûts totaux	1	4	2	3
Coûts opérationnels	1	2	4	3
Coûts salaire	4	1	2	3
Coûts d'opportunité	1	4	3	2
Simplicité du modèle	4	2	1	3
Simplicité de la manutention	4	3	1	2
Préférences des producteurs	2	4	1	3
Conditions météorologiques	4	3	1	2
Synchronisation	4	3	1	2
Moyenne	2.5	3.1	1.9	2.5

4.3.2 Tournées robustes

Afin d'offrir une solution adaptée aux besoins de la CAPÉ, il serait intéressant de mesurer l'impact d'avoir les mêmes tournées empruntées chaque semaine. C'est ce que nous appellerons des tournées robustes. L'avantage principal des tournées robustes est que les producteurs et le camion de la CAPÉ n'auraient pas à apprendre de nouvelles tournées à chaque semaine. Toutefois, la simplicité qu'apportent les tournées robustes engendre également une diminution de la performance. Dans notre analyse, nous avons donc comparé la performance des tournées robustes avec les tournées optimales (différentes à chaque semaine) afin d'émettre des recommandations à la CAPÉ. Les métriques analysées sont les suivantes :

- Kilométrage total;
- Temps total;
- Nombre de fois que la route ne fonctionne pas (p. ex. lorsque l'offre sur la route est trop élevée pour la capacité de la route robuste).

Pour générer les tournées robustes, nous avons pris en compte la demande des producteurs durant la saison 2018-2019. Pour les trois modèles, le solveur fut utilisé pour générer une multitude de routes robustes. Afin de générer des routes robustes qui vont pouvoir accommoder une forte demande, une analyse des percentiles a été faite. L'offre des producteurs fut remplacée par leur 50^e, 60^e, 70^e, 80^e, 90^e et 100^e percentile (voir Tableau 18). Les tournées robustes n'ont été testées que sur le modèle **Tournées CAPÉ**.

Tableau 18: Analyse des percentiles de l'offre pour la saison hivernale 2018-2019

Producteur	50e percentile	60e percentile	70e percentile	80e percentile	90e percentile	100e percentile
1	111	111	112	116	124	132
2	55	59	64	68	72.5	77
3	28	42	46	50	54.5	59
4	76	92	103	110	134	191
5	33	44	46	47	52	56
6	82	97	107	122	140	160
7	28	50	63	68	79	114
8	31	31	31	31	30.9	31
9	10	11	12	13	18	29
10	252	261	268	296	360	372
11	68	95	131	155	168	192
12	121	134	146	159	171	184
13	103	103	103	103	103	103

Nous avons donc utilisé notre outil développé dans Excel pour générer des routes pour chaque percentile (50, 60, 70, 80, 90 et 100). Nous avons également testé le regroupement des tournées des semaines paires et impaires. En effet, puisque les clients des Bio Locaux viennent chercher leur commande aux deux semaines, nous avons combiné les semaines impaires et paires. Les employés de la CAPÉ nous ont confirmé que cela ne serait pas toujours possible, car certaines denrées sont périssables. Mais dans les cas où cela est dû à une pénurie et que cette dernière peut être prévue, alors cette analyse permet de voir les gains potentiels. Dans cette analyse, nous nous concentrons sur le modèle **Tournées CAPÉ**, mais il est à noter que nous avons également adapté le concept aux modèles **Mini-Hub** et **Tournées Producteurs** et sommes arrivés à des conclusions semblables.

Avec les tournées robustes, il est possible que la solution retournée par le modèle ne soit pas réalisable, soit parce qu'un producteur n'a pas besoin de faire de transport à une semaine donnée ou parce que l'offre sur la tournée excède la capacité du camion. Lorsqu'un producteur n'a pas de marchandise à transporter, on modifie alors manuellement les tournées pour enlever ce producteur de la tournée et on calcule à nouveau les indicateurs de performance. Afin d'ajuster les tournées lorsque l'offre est trop élevée, nous avons développé une heuristique à quatre étapes permettant d'obtenir une solution réalisable :

Étape 1 : Enlever le producteur le plus proche de l'entrepôt de la tournée problématique et évaluer sa distance jusqu'à l'entrepôt.

Étape 2 : Insérer le producteur de l'étape 1 dans une autre tournée robuste afin de minimiser le coût d'insertion. Vérifier si la nouvelle tournée est réalisable et évaluer la distance.

Étape 3 : Comparer les distances totales de l'étape 1 et de l'étape 2 et déterminer l'option minimisant la distance totale.

Étape 4 : Ajuster les tournées en conséquence.

Même si ce processus est relativement simple, cela demande à la CAPÉ de faire des modifications manuelles ce qui n'est pas souhaitable.

Le Tableau 19 présente la performance des différentes tournées conçues à partir des différents percentiles de la demande. Nous constatons qu'il n'y a pas beaucoup de différences au niveau de la performance des différents percentiles. Cependant, lorsqu'on élabore une solution dite « robuste », la solution a environ 2 000 kilomètres de plus que la solution optimale, mais a environ 5 000 kilomètres de moins que le réseau actuel. De plus, plus les tournées sont robustes, c'est-à-dire plus on considère un percentile élevé, plus le nombre de kilomètres tend à augmenter. Malgré tout, on peut remarquer que plus le percentile considéré est élevé, moins il y a de problèmes liés à la capacité.

Tableau 19 : Comparaison des différents percentiles

Percentile	Kilométrage total	Kilométrage CAPÉ	Temps total (heures)	Offre trop élevée sur la route	Un producteur n'a pas besoin d'être visité
Réseau actuel	25001	0	305	-	-
50e percentile	19253	16636	237	2	47
60e percentile	19336	17295	237	4	45
70e percentile	19338	17297	238	0	55
80e percentile	19338	17297	238	0	55
90e percentile	19241	17200	237	1	43
100e percentile	19989	17948	245	0	39
Semaines regroupées: 50e percentile	19409	17367	239	2	44
Semaines regroupées: 60e percentile	19402	17360	238	2	47
Semaines regroupées: 70e percentile	19402	17360	238	2	47
Semaines regroupées: 80e percentile	19402	17360	238	2	47
Semaines regroupées: 90e percentile	19989	17948	245	0	39
Semaines regroupées: 100e percentile	19989	17948	245	0	39
Semaines regroupées : Réseau optimal	13969	12870	160	-	-
Réseau optimal	17214	15958	208	-	-

Afin de comprendre l'impact sur la structure des solutions avec les tournées robustes, nous avons calculé le nombre de tournées avec un, deux et trois producteurs dans les solutions. Ceci est présenté dans le Tableau 20. On peut ainsi constater que les tournées robustes diminuent la fréquence à laquelle deux producteurs (ou plus) collaborent.

Tableau 20 : Nombre de routes avec un, deux ou trois producteurs

Percentile	Nombre de routes avec 1 producteur	Nombre de routes avec 2 producteurs	Nombre de routes avec 3 producteurs
50e percentile	1	2	3
60e percentile	2	1	3
70e percentile	1	3	2
80e percentile	1	3	2
90e percentile	2	4	1
100e percentile	2	4	1
Semaines A-B regroupées: 50e percentile	2	1	3
Semaines A-B regroupées: 60e percentile	2	4	1
Semaines A-B regroupées: 70e percentile	2	4	1
Semaines A-B regroupées: 80e percentile	2	4	1
Semaines A-B regroupées: 90e percentile	2	4	1
Semaines A-B regroupées: 100e percentile	2	4	1

On en est donc venu à la conclusion qu'il n'y a pas de tournées robustes idéales. Plus la tournée est robuste, moins il y a de problèmes de capacité. Toutefois, ces tournées sont moins performantes et il y a moins de collaboration. De plus, on a constaté que le producteur 10, soit le plus gros producteur membre des Bio Locaux, se retrouve toujours seul puisque peu importe le percentile considéré, il dépasse la capacité du camion de la CAPÉ. Cependant, dans le réseau dit optimal, il arrive fréquemment que le producteur 10 soit desservi par le même camion qu'un autre producteur.

4.3.3 Partage des coûts

Au niveau des méthodes de partage des coûts pour le camion de la CAPÉ et le chauffeur, nous avons testé les six méthodes présentées dans le chapitre 3. Nous rappelons que le coût total pour le modèle **Tournées CAPÉ** est de 8 980\$.

Nous avons donc comparé la proportion du kilométrage que chaque producteur a fait durant la saison 2018 – 2019 avec nos méthodes de partage de coûts basées sur la distance. Par exemple, le Tableau 21 démontre que le producteur 11 a un kilométrage total de 3 857, soit 15% du kilométrage total fait par les producteurs.

Tableau 21: Proportion du kilométrage par producteur

Producteur	Réseau de Distribution Actuel - KM	Proportion du kilométrage par producteur
1	2 627	11%
2	517	2%
3	1 955	8%
4	2 393	10%
5	863	3%
6	2 303	9%
7	2 683	11%
8	1 231	5%
9	2 727	11%
10	2 042	8%
11	3 857	15%
12	1 706	7%
13	98	0%
Total	25 001	100%

Nous nous intéressons donc à voir quelle méthode minimise l'écart-type des proportions afin d'éviter qu'un producteur soit fortement avantagé ou désavantagé par la méthode choisie.

Les trois premières méthodes testées sont basées sur un partage égal des coûts. Le Tableau 22 calcule la différence entre les proportions du **Réseau de Distribution Actuel** et les six méthodes de partage de coûts testées. On constate que la méthode de partage de coûts en fin de saison de façon proportionnelle est la plus performante. La deuxième meilleure méthode sur les six est donc la méthode de partage des coûts de façon proportionnelle et hebdomadaire, à 1.5%. De plus, la plus haute déviation est seulement de 4.1%, ce qui est acceptable. Il est important de noter que la notion d'égalité est subjective et que c'est à la CAPÉ d'évaluer si cette méthode est adéquate pour leur situation.

Tableau 22 : Différence entre les proportions des six méthodes de partage de coûts et celles du Réseau de Distribution Actuel

Méthode	Égale			Proportionnelle			
	Producteur	Fin de Saison	Hebdo.	Route	Fin de saison	Hebdo.	Route
1		-2.80%	-1.80%	0.60%	0.40%	1.40%	2.10%
2		5.60%	-0.20%	0.30%	0.10%	-0.40%	-0.20%
3		-0.10%	-0.50%	-0.50%	0.30%	0.80%	0.30%
4		-1.90%	4.70%	3.80%	-0.10%	-0.30%	-0.40%
5		4.20%	2.70%	1.30%	0.10%	-0.10%	0.60%
6		-1.50%	1.10%	1.00%	0.40%	1.20%	1.70%
7		-3.00%	-1.40%	-3.00%	0.40%	-0.60%	-2.30%
8		2.80%	-2.50%	-1.20%	0.20%	-0.20%	-0.60%
9		-3.20%	-4.10%	-4.50%	0.40%	-0.50%	-2.20%
10		-0.50%	7.60%	3.30%	0.30%	0.30%	3.20%
11		-7.70%	-2.00%	3.50%	0.60%	2.50%	3.60%
12		0.90%	-4.20%	-4.60%	-3.30%	-4.10%	-5.10%
13		7.30%	0.50%	0.10%	0.00%	-0.10%	0.00%
Écart-type		4.10%	3.40%	2.8%	1.00%	1.50%	2.40%

Le tableau 23 est un exemple de partage de coût selon la meilleure méthode pour la saison 2018 – 2019, soit la méthode proportionnelle – fin de saison.

Tableau 23: Exemple de partage de coût selon la méthode proportionnelle – fin de saison

Producteur	Coût d'opportunité à 20\$/H
1	1 030 \$
2	143 \$
3	748 \$
4	806 \$
5	293 \$
6	900 \$
7	880 \$
8	412 \$
9	901 \$
10	1 054 \$
11	1 553 \$
12	236 \$
13	25 \$
Total	8 980 \$

CHAPITRE 5 – RECOMMANDATIONS

Dans cette sous-section, nous allons d’abord résumer les recommandations qui ont été présentées à la CAPÉ. Avant cette présentation, nous avons discuté avec le MAPAQ afin d’avoir leur opinion sur notre projet. Nous présenterons donc les suggestions du MAPAQ. Ensuite, nous résumerons notre présentation avec la CAPÉ. Quelques captures d’écran de l’outil développé pour la CAPÉ seront présentées.

5.1 Solution proposée

Dans le chapitre 4, nous avons comparé trois différents modèles de distribution collaborative avec le **Réseau de Distribution Actuel**. Un des modèles, soit **Tournées CAPÉ**, s’est distingué des autres. Il sera donc question de ce modèle, de la méthode de partage des coûts choisie, des routes robustes et du regroupement des semaines paires et impaires.

5.1.1 Tournées CAPÉ

Avant d’identifier les trois modèles qui seraient testés et comparés, ce qui était important pour nous était de déterminer quels types de solutions étaient le mieux adaptées pour la CAPÉ : déplacer l’entrepôt, ouvrir des centres de transbordement, sous-traiter la distribution, etc. Plusieurs réseaux ont été évalués, mais en discutant avec la CAPÉ et en analysant la revue de la littérature, nous avons conclu qu’il fallait une solution simple à implanter et peu coûteuse.

Les analyses présentées dans le chapitre 4 ont démontré que le modèle **Tournées CAPÉ** est le plus performant. En gérant la distribution, les producteurs n’auront pratiquement plus à se déplacer et seront libres de se concentrer à d’autres activités à valeur ajoutée. En plus, d’être le modèle avec le kilométrage le plus faible et les coûts totaux (incluant le coût d’opportunité de 20\$ de l’heure) les moins élevés, c’est également le préféré des producteurs interrogés. Ceux-ci se réjouissent du temps qu’ils pourront sauver, car cela représente plus de vingt heures par saison pour certains d’entre eux. De plus, la CAPÉ possède l’expertise et les ressources qui lui permettront de transformer le réseau de distribution, même si l’embauche d’un chauffeur supplémentaire sera nécessaire. Malgré tout, la CAPÉ manifeste beaucoup d’intérêt envers cette solution.

5.1.2 Partage des coûts

Au niveau du partage des coûts, nous avons testé six méthodes. Nous les avons comparées afin de déterminer quelle méthode est la plus juste, à notre avis. Les analyses nous ont permis de démontrer que la méthode de partage des coûts de façon proportionnelle et hebdomadaire est la plus adaptée dans ce contexte. Cette méthode reflète adéquatement les bénéfices que chaque producteur retire du nouveau réseau. Par exemple, le producteur 8, localisé près de Québec, paiera plus cher que le producteur 10, localisé près de Granby étant donné qu'il économise plus de temps.

5.1.3 Tournées robustes et semaines paires et impaires

Les tournées robustes, à première vue, semblent simplifier le travail du chauffeur et du planificateur des opérations à un faible coût. Ce serait idéal puisqu'en ayant toujours les mêmes tournées, le réseau de distribution varierait peu d'une semaine à l'autre. Malheureusement, la variabilité dans la demande limite la réalisabilité des tournées robustes. Nous avons perçu deux problèmes majeurs avec ces tournées :

- 1) Les tournées sont peu performantes (nombre de kilomètres plus élevé et coût plus élevé).
- 2) Les tournées diminuent la collaboration, ce qui est vu comme négatif pour la CAPÉ et les producteurs, et nécessitent des modifications manuelles compte tenu de problèmes reliés à un non-respect de la capacité du camion.

Nous n'avons donc pas recommandé à la CAPÉ d'utiliser des routes robustes. La CAPÉ devra donc compiler le solveur chaque semaine pour déterminer les routes. Puis, elle devra organiser l'horaire des routes avec le chauffeur et les producteurs. Cependant, nous avons développé un outil facile et rapide à utiliser pour la CAPÉ ce qui devrait favoriser son utilisation.

5.1.4 Semaines paires et impaires

Nous avons également testé comment performerait le modèle si on combinait les semaines paires et impaires. On rappelle que les clients ne collectent qu'une seule commande aux deux semaines et que le volume livré à l'entrepôt durant les semaines impaires est peu

élevé. En combinant les semaines, le kilométrage total du modèle **Tournées CAPÉ** est de 13 969, en comparaison à 17 214 du modèle **Tournées CAPÉ** original. Nous avons donc expliqué à la CAPÉ que cette nouvelle planification des collectes serait fortement avantageuse. Toutefois, la CAPÉ n’y voit pas d’avantage pour l’instant, même si cela permettrait de réduire davantage les coûts et le kilométrage parcouru.

5.2 Discussions

Suite à toutes nos analyses et au développement du modèle **Tournées CAPÉ** dans le solveur d’Excel, nous avons présenté les résultats de nos recherches au MAPAQ et à la CAPÉ. La présentation au MAPAQ, comme mentionné plus tôt, avait pour objectif de déterminer si nous avons négligé un aspect dans nos analyses et connaître leur opinion sur nos recommandations. Le MAPAQ a également démontré un intérêt pour mettre sur pied des approches similaires dans d’autres contextes (autres réseaux de producteurs voulant favoriser les circuits courts).

5.2.1 Présentation au MAPAQ

En juillet 2020, nous avons eu l’opportunité de discuter avec cinq représentants du MAPAQ et de leur présenter ce que nous avons réalisé dans ce mémoire. Vous trouverez la version non confidentielle de la présentation Power Point à l’*Annexe 7*. L’objectif du MAPAQ était de comprendre les principaux résultats de notre travail et de déterminer si ce genre de solutions s’appliquerait à d’autres regroupements de producteurs québécois. Après leur avoir présenté nos recommandations ainsi que l’outil, les représentants du MAPAQ nous ont dit être très satisfaits des résultats. Ils étaient tout à fait d’accord que le temps économisé par les producteurs est l’avantage comparatif du modèle.

Au cours de la présentation, on nous a mentionné qu’il pourrait être pertinent de considérer d’autres méthodes de partage des coûts selon le système. En effet, la méthode utilisée compare la distance du **Réseau de Distribution Actuel** avec la distance du nouveau modèle. Donc, si un producteur avait dû faire deux allers-retours pour livrer une commande, nous avons doublé la distance. Le MAPAQ estime que la capacité des camions des producteurs ne devrait pas être considérée, c’est-à-dire qu’il n’est pas juste selon les représentants du MAPAQ de favoriser indirectement les producteurs ayant accès

à un plus gros camion. Nous avons donc modifié l’outil Excel afin de ne prendre en considération qu’un seul aller-retour lors du calcul du partage des coûts. Il est important de noter que nous n’avons toutefois pas refait toutes les analyses antérieures.

Le MAPAQ évalue également la possibilité de développer un outil similaire pour un regroupement de producteurs dans le Centre-du-Québec.

5.2.2 Présentation à la CAPÉ

Suite à la rencontre avec le MAPAQ et à la modification de l’outil développé, nous avons présenté nos recommandations à la CAPÉ. Tout comme le MAPAQ, les représentants de la CAPÉ étaient impressionnés par la performance du modèle **Tournées CAPÉ**. Avant même la présentation, la CAPÉ comprenait que le **Réseau de Distribution Actuel** n’utilisait pas les ressources et le temps des producteurs de manière efficace. Conscients des avantages et de la simplicité du modèle **Tournées CAPÉ**, les représentants de la CAPÉ nous ont annoncé qu’ils allaient faire des tests en automne 2020, et potentiellement implanter la solution pour la prochaine saison des Bio Locaux d’hiver.

La CAPÉ a également soulevé quelques enjeux potentiels. En premier lieu, il était important pour l’employé des opérations d’avoir plus de flexibilité dans l’outil. Nous avons donc ajouté les options suivantes :

- 1) Ajout d’un paramètre de temps de manutention lors de la visite des producteurs.
- 2) Ajout d’un paramètre de majoration pour la durée de chaque arc afin de prendre en considération les imprévus. Par exemple, la CAPÉ pourrait augmenter le temps total de distribution de 15% pour compenser pour les imprévus ou la circulation.
- 3) Ajout d’un paramètre permettant de modifier la capacité des camions de producteurs ou celui de la CAPÉ.
- 4) Ajout d’un paramètre pour limiter le temps total d’une route.
- 5) Ajout d’un paramètre permettant de modifier les différents coûts (p. ex. prix du carburant par litre, coût d’usage des camions et consommation de carburant au 100 kilomètres).

- 6) Conception d'un tutoriel concernant l'ajout d'un nouveau producteur dans l'outil.

Ensuite, la CAPÉ croit que nous avons sous-estimé les coûts d'usage du camion de la CAPÉ. Étant donné que l'information n'était pas disponible lors de nos analyses, nous avons fait une hypothèse concernant ce coût. Finalement, la CAPÉ a réitéré que la difficulté de trouver un chauffeur est l'enjeu principal.

5.2.3 Généralisation

En résumé, il s'agit d'une belle réalisation de savoir que la CAPÉ ira de l'avant avec nos recommandations. Le modèle **Tournées CAPÉ** est une façon simple d'améliorer le réseau de distribution des Bio Locaux d'hiver et nous croyons que d'autres organisations dans une situation similaire pourraient bénéficier d'approches similaires. Selon nous, une organisation semblable à la CAPÉ désirant implanter un tel outil doit répondre aux critères suivants pour vraiment bénéficier du modèle :

- 1) Idéalement, l'organisation en question possède les ressources physiques et humaines nécessaires permettant d'optimiser les opérations. Si ce n'est pas le cas, il faut s'assurer que les coûts d'acquisition de ces ressources et d'implantation ne dépassent pas les économies anticipées à moyen et long termes.
- 2) Le réseau de distribution actuel doit être peu performant et causer de l'insatisfaction chez les membres impliqués (p. ex. les producteurs).
- 3) Les membres doivent être prêts à collaborer et à apporter les modifications nécessaires pour assurer le succès de l'implantation.

Néanmoins, tout le monde est gagnant dans l'optimisation du réseau de distribution. Il est simplement question de convaincre les membres de faire les efforts nécessaires pour réussir l'implantation des changements.

5.3 Solveur

Pour conclure cette section, nous allons présenter l’outil développé pour la CAPÉ. Avant tout, nous avons fourni à la CAPÉ un tutoriel pour installer le complément Solveur et naviguer dans l’outil.

En premier lieu, voici des captures d’écran des différents paramètres que la CAPÉ peut ajuster (voir Figures 13, 14, 15, 16 et 17).

Producteur ID	Offre en caisses (hebdomadaire)
1	
2	
3	
4	
5	

Figure 13 : Offre hebdomadaire des producteurs

Capacités des camions	
Producteur 1	198
Producteur 2	90
Producteur 3	65
Producteur 4	90
Producteur 5	180
Producteur 6	180

Figure 14 : Capacité des camions des producteurs et de la CAPÉ

Coûts	
Usage (\$/KM)	0.06
Salaire (\$/Heure)	20.2
Essence \$(Litre)	1.2
Consommation Essence CAPÉ (L/100KM)	17

Figure 15 : Coûts d’usage du camion de la CAPÉ et salaire de l’employé

Temps maximal d'une route	7.2
---------------------------	-----

Figure 16 : Temps maximal d'une route

Manutention (individuelle) Supplémentaire (Heures)	Manutention (globale) par producteur(Heures)
1	0.5
2	
3	
4	
5	
6	

Figure 17 : Manutention globale et individuelle des producteurs

Après avoir ajusté les paramètres présentés dans les figures ci-haut et entré l'offre des producteurs, l'employé de la CAPÉ n'a qu'à appuyer sur le bouton « résoudre » situé dans l'onglet « données ». Le solveur retourne ainsi une solution qui minimise la distance totale.

Cellules variables	Route	KM	Temps route + manutention + Traffic	Quantité sur la route
1	APMQ,1,2,APMQ	443	6.43	173
1	APMQ,5,13,APMQ	184	4.13	159
1	APMQ,12,7,APMQ	255	4.59	235
1	APMQ,10,APMQ	158	2.12	260

Figure 18 : Routes optimales pour la semaine 1

La Figure 18 montre les routes choisies par le modèle pour la semaine 1 de la saison 2018 – 2019. Dans la première route, la CAPÉ visite le producteur 1 et le producteur 2. La route est de 443 kilomètres, a un temps total de 6h43 et la quantité totale recueillie est de 173 caisses. La dernière route, soit celle en rouge, est faite par le producteur 10 parce que son offre dépasse la capacité du camion de la CAPÉ, mais pas celle de son camion.

KM total	Temps total (heures)	NB. Routes CAPÉ	NB. Routes prod.
1040	17.26	3	1

Figure 19 : Résultats de la semaine 1

Donc, durant la semaine 1, la CAPÉ fait trois routes et le producteur 10 fait une seule route. Le kilométrage total est de 1 040 et le temps total est de 17h26.

Coûts camion CAPÉ et employé CAPÉ		
Salaire employé - route	\$	245.33
Salaire employé - manutention	\$	60.60
Salaire total	\$	305.93
Essence	\$	179.98
Entretien camion	\$	52.93
COÛT TOTAL	\$	538.84

Figure 20 : Coûts de la semaine 1

La Figure 20 affiche les coûts de l'employé et de l'utilisation du camion de la CAPÉ. Au total, les coûts de la semaine 1 sont de 538,84\$

Partage des coûts		
Producteur ID	% distance	Coût
1	31%	\$ 166.72
2	17%	\$ 94.27
3	0%	\$ -
4	0%	\$ -
5	11%	\$ 60.30
6	0%	\$ -
7	18%	\$ 96.76
8	0%	\$ -
9	0%	\$ -
10	0%	\$ -
11	0%	\$ -
12	15%	\$ 81.03
13	7%	\$ 39.77

Figure 21 : Partage des coûts par producteur pour la semaine 1

Afin de partager les coûts des producteurs qui ont été visités par le camion de la CAPÉ, nous avons inclus notre méthode de partage de coûts de façon proportionnelle. Dans l'exemple illustré dans la Figure 21, le producteur 1 paie 166,72\$.

CHAPITRE 6 - CONCLUSION

Ce dernier chapitre vise à démontrer les principales forces et limites de l'étude. Nous résumerons également les opinions du MAPAQ et de la CAPÉ sur notre étude.

Nous considérons que la méthodologie utilisée a fortement renforcé la validité de notre étude et des conclusions tirées. En effet, en ayant analysé la littérature, nous avons identifié des réseaux de distribution simples à implanter et efficaces. Afin de les valider, nous avons fait des entrevues avec près de 50% des producteurs impliqués. Ceux-ci ont manifesté beaucoup d'intérêt pour nos modèles, en particulier pour le modèle **Tournées CAPÉ**. Même si nous n'avons pas parlé à tous les producteurs, nous avons atteint une certaine saturation des données. Par la suite, nous avons simulé la performance de nos modèles et les avons comparés avec le **Réseau de Distribution Actuel** pour la saison 2018 – 2019. Pour faire cela, nous avons conçu des modèles mathématiques et les avons implantés et résolus avec le Solveur d'Excel. Ensuite, nous avons comparé les différents modèles sur la base de plusieurs métriques qualitatives et quantitatives. Le modèle **Tournées CAPÉ** s'est démarqué de tous les autres modèles. Nous avons également identifié une méthode de partage de coûts adaptée au contexte de la CAPÉ. Malheureusement, les tournées robustes n'étaient pas aussi performantes qu'anticipées, c'est pourquoi celles-ci n'ont pas été recommandées à la CAPÉ. Finalement, nous avons recommandé à la CAPÉ de combiner les semaines paires et impaires afin de diminuer les coûts et le kilométrage total. Pour l'instant, la CAPÉ n'entrevoit pas combiner les semaines paires et impaires.

Avant de présenter nos recommandations à la CAPÉ, nous avons discuté avec des représentants du MAPAQ. Ces derniers ont manifesté beaucoup d'intérêt pour nos modèles et songent actuellement à implanter une solution semblable pour un autre regroupement de producteurs. Ils nous ont également suggéré de revoir notre méthode de partage de coûts. En dernier lieu, nous avons présenté nos recommandations à la CAPÉ et leur avons offert notre outil développé. Impressionnée par les résultats de l'étude, la CAPÉ a commencé à tester l'outil en fin juillet pour potentiellement implanter le modèle cet automne.

Néanmoins, il aurait été intéressant d'explorer d'autres modèles de distribution simples et peu coûteux. Par exemple, nous avons pensé à développer un modèle semblable à **Mini-Hub**, mais dans lequel les producteurs auraient fait toutes les routes. D'autres opportunités de collaboration avec une autre coopérative auraient également pu être explorées. Au niveau du partage des coûts, d'autres méthodes plus avancées auraient pu être utilisées, comme celles basées sur la théorie des jeux. Toutefois, il était important que la méthode soit simple à développer et à utiliser par la CAPÉ. Enfin, il aurait également été intéressant de développer un outil qui fonctionne en temps réel. Les routes suggérées par le modèle auraient pris en compte la circulation, les rues barrées, les travaux, etc. Ces avenues de recherches futures contribueraient au développement et au perfectionnement de la distribution des produits agricoles en contexte québécois.

Références

- Andersen, J., Crainic, T. G., et Christiansen, M. (2009). Service network design with asset management: formulations and comparative analyses. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(2), 197–207.
- Audy, J.-F., D'amours, S., et Rönnqvist, M. (2012). An Empirical Study on Coalition Formation and Cost/Savings Allocation. *Elsevier: International Journal of Production Economics*, 136, 13–27.
- Baird, C. (2009). *The Six Sigma Manual for Small and Medium Businesses: What You Need to Know Explained* (Atlantic Publishing Group Inc.).
- Bergeron, J.-F., Batailler, C., Dostie, S., et Lamarche, V. (2007). Portrait des réseaux de distribution de fruits et légumes frais du Québec. Groupe AGÉCO.
- Bosona, T., Gebresenbet, G., Nordmark, I., et Ljungberg, D. (2011). Box-Scheme Based Delivery System of Locally Produced Organic Food: Evaluation of Logistics Performance. *Journal of Service Science and Management*, 4, 357–367.
- Braekers, K., Ramaekers, K., et Van Nieuwenhuysse, I. (2015). The vehicle routing problem: State of the art classification and review. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 300–313.
- Buijs, P., Vis, I. F. A., et J. Carlo, H. (2014). Synchronization in cross-docking networks: A research classification and framework. *European Journal of Operational Research*, 239, 593–608.
- Chanut, O., Capo, C., et Bonet-Fernandez, D. (2011). De la mutualisation verticale à la mutualisation horizontale: Les enjeux et les critères de choix logistiques des réseaux sélectifs contractuels. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 30(3), 37–59.
- Cordeau, J.-F. (2013). Modèles de localisation et de conception de réseaux logistiques. HEC.
- Crainic, T. G. (1999). Service Network Design in Freight Transportation. *European Journal of Operational Research*, 122, 272–288.
- Crainic, T. G., Hewitt, M., Toulouse, M., et Minh Vu, D. (2016). Service Network Design with Resource Constraints. *Transportation Science*, 50(4), 1380–1393.
- Crujssens, F., Cools, M., et Dullaert, W. (2007). Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments. *Transportation Research - Elsevier*, 43, 129–142.
- Cuijssens, F., Dullaert, W., et Joro, T. (2006). Logistics efficiency through horizontal cooperation: The case of Flemish road transportation companies. CentER Discussion Papers.

- Dantzig, G. B., et Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), 80–92.
- Delisle, F., Leblond, V., et Paradis, J. (2017). Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2017 et leur évolution depuis 1990. Gouvernement du Québec.
- Duncan, H., Gillespie, G., et Henehan, B. (2010). Small-Scale Grower Cooperatives in the Northeast United States. United States Department of Agriculture.
- Dupont, D., et Laplante, R. (2010). Le rapport Pronovost: Un diagnostic partiel, une analyse tronquée. Institut de recherche en économie contemporaine.
- Éco Ressources. (2019). Les Retombées Économiques de l'Industrie Agroalimentaire Québécoise en 2017. CoopCarbone.
- Erdoğan, G. (2017, Mai). *VRP Spreadsheet Solver*. University of Bath. <https://people.bath.ac.uk/ge277/vrp-spreadsheet-solver/>
- Frontline Systems. (2020, Dernière mise à jour). *OpenSolver software*. OpenSolver. <https://opensolver.org/>
- G. Kasilingam, R. (1998). Logistics and Transportation: Design and Planning. In *Logistics and Transportation: Design and Planning* (1ère édition (réimprimée), pp. 214–234). Springer Science + Business Media.
- Gauthier, B. (2016). Recherche Sociale: De la Problématique à la Collecte des Données. In *Recherche Sociale: De la Problématique à la Collecte des Données* (5e édition, pp. 337–360). Presses de l'Université du Québec.
- Google. (2020, Dernière mise à jour). *Google Maps*. Google Maps. <https://www.google.com/maps>
- Gouvernement du Québec. (2017). Rapport Annuel de Gestion. Ministère des Relations Internationales et de la Francophonie.
- Gouvernement du Québec. (2020, Dernière mise à jour). *Québec 511—Haltes routières*. Québec 511. <https://www.quebec511.info/fr/Diffusion/Haltes/Default.aspx>
- ISQ. (2020). Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec. Institut de la statistique du Québec.
- Kant, G. (2013). Top 10 Reasons to Optimize Transportation Planning. Ortec.
- Lambert, D., Emmelhainz, D., et Gardner, J. (1999). Building successful logistics partners. *Journal of Business Logistics*, 20(1), 165–181.
- Langevin, A., et Riopel, D. (2005). *Logistics Systems: Design and Optimization* (1ère édition). Springer.

- Lapan, S. D., Quartaroli, M. T., et Riemer, F. J. (2012). Qualitative Research: An Introduction to Methods and Designs. In *Qualitative research: An introduction to methods and designs* (1ère édition, Vol. 1, pp. 7–33). Jossey-Bass.
- Makower, J. (2013). *State of Green Business*. GreenBiz Group and Trucost.
- Mundler, P., et Laughrea, S. (2015). *Les circuits courts de proximité: Un choix de vie pour les producteurs*. Équiterre. <https://www.equiterre.org/solution/bulletin-mem/les-circuits-de-proximite-un-choix-de-vie-pour-les-producteurs>
- Pardalos, P. M., Hearn, D. W., et Hager, W. W. (1997). *Network Optimization* (1ère édition). Springer.
- Parkhe, A. (1993). Strategic alliance structuring: A game theoretic and transaction cost examination of interfirm cooperation. *The Academy of Management Journal*, 36(4), 794–829.
- Pedersen MB, Crainic TG, Madsen OBG (2009). Models and tabu search metaheuristics for service network design with asset balance requirements. *Transportation Science*, 43(2), 158–177.
- Radio-Canada. (2017). Pourquoi les fruits et les légumes biologiques sont-ils plus chers? Radio-Canada. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1012763/aliment-fruit-legume-biologique-achat-detaillant-epicerie>
- Pan, S. (2017). *Horizontal Collaboration for Sustainable Transport and Logistics*. Business administration. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis.
- Sreejesh, S., Mohapatra, S., et Anusree, M. R. (2013). *Business Research Methods: An Applied Orientation* (1ère édition, pp. 47–51). Springer.
- St-Pierre, R. (2018). Santé mentale des agriculteurs: Des besoins criants, mais peu de ressources. Radio-Canada. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1139888/stress-anxiete-agriculteur-suicide-pression-milieu-agricole>
- Sylvain, L. (2000). Le Guide d’entrevue son élaboration, son évolution et les conditions de réalisation d’une entrevue. Actes Du 12e Colloque de l’ARC, 128–131.
- Tilina, D. I., Zapciu, M., et Bendic, V. (2014). The Link between Lean and Green Manufacturing—A Way to Reach Sustainable Development. *Trans Tech Publications Ltd.*, 656, 534–541.
- Toth, P., et Vigo, D. (2015). *Vehicle Routing: Problems, Methods and Applications*. In *Vehicle Routing: Problems, Methods and Applications* (2ième édition, pp. 7–33). Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Tremblay-Antoine, C. (2016). Un constat de détresse grandissante chez les agriculteurs ! La Vie Agricole. <http://lavieagricole.ca/3414/>

Verdonck, L., Buellens, P., Caris, A., Ramaekers, K., et K Janssens, G. (2016). Analysis of collaborative savings and cost allocation techniques for the cooperative carrier facility location problem. *Journal of Operational Research Society*, 67, 853–871.

Wengraf, T. (2001). Qualitative Research Interviewing: Biographic Narrative and Semi-Structured Methods. In *Qualitative Research Interviewing: Biographic Narrative and Semi-Structured Methods* (1ère édition (réimprimé en 2002), pp. 51–69). Sage Publications.

Wieberneit, N. (2007). Service Network Design for Freight Transportation: A Review. *OR Spectrum Avec Springer*, 30, 77–112.

Zhu, E., Crainic, G., et Gendreau, M. (2014). Scheduled Service Network Design for Freight Rail Transportation. *Operations Research*, 62(2), 383–400.

Zimmerman, M. (2020). 31st Annual State of Logistics Report. Council of Supply Chain Management Professionals.

Zineldin, M., et Bredenlów, T. (2003). Strategic Alliance: Synergies and challenges—A case of strategic outsourcing: SOUR. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 33(5), 449–464.

Annexes

Annexe 1 : Guide d'entrevue

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Personne interviewée: (Position et/ou titre selon le niveau de confidentialité souhaité):
Si le consentement est reçu, les lignes suivantes doivent être remplies:

Date de l'entrevue :

Lieu:

Durée de l'entrevue:

STRUCTURE DE L'ENTREVUE

- Format d'entrevue semi-structurée
- Entretien individuel
- Les questions seront centrées sur le sujet de la recherche, mais permettront une discussion et des questions de suivi flexibles pour approfondir le sujet.

OBJECTIFS

Les objectifs sont de:

- Comprendre les enjeux des producteurs reliés à la distribution de leurs produits jusqu'à l'entrepôt de Moisson-Montréal;
- Confirmer avec les producteurs leur intérêt pour des approches de distribution collaborative afin d'améliorer l'efficacité de leur réseau de distribution;
- Connaître l'avis des producteurs face à certains modèles de distribution collaborative;
- Connaître les craintes des producteurs face aux modèles de distribution collaborative.

- 1. Depuis combien de temps êtes-vous membre de la CAPÉ?**
- 2. Êtes-vous impliqué dans d'autres programmes semblables à celui des Bio Locaux de la CAPÉ? Si oui, lesquels?**
- 3. Quels sont vos produits qui se retrouvent dans les paniers Bio Locaux?**
- 4. Quel est le modèle ou type de camion que vous utilisez pour amener vos produits à Moisson-Montréal? Si non, serait-il possible d'avoir une photo de l'intérieur?**
- 5. Quel est la capacité de votre camion en boîtes (format de la CAPÉ) ou en palettes?**
- 6. À quelle fréquence allez-vous à l'entrepôt de Moisson-Montréal pour livrer vos produits?**

- 7. À quelle fréquence aimeriez-vous aller à l'entrepôt de Moisson-Montréal :**
- a. Jamais
 - b. Une fois par année
 - c. Une fois par saison
 - d. Une fois par mois
 - e. Une fois par deux semaines
 - f. Une fois par semaine
 - g. Autres (précisez)
- 8. Quels sont vos défis liés à la distribution de vos produits jusqu'à l'entrepôt de Moisson-Montréal (p. ex. coûts élevés, temps, déplacements fréquents, volume des commandes)?**
- 9. Quelle est votre relation avec les autres producteurs membres de la CAPÉ (p. ex. aucune connaissance, partenaires, concurrents)?**
- 10. Collaborez-vous avec d'autres producteurs de la CAPÉ (ou dans d'autres programmes) pour la distribution de vos produits jusqu'à l'entrepôt de Moisson-Montréal?**
- a. Si oui, décrivez nous comment vous collaborez et les avantages que vous en tirez?
 - i. Partage coûts?
 - b. Si non, pourquoi?
- 11. Quelles sont les principales raisons qui vous *inciteraient* à collaborer pour la distribution de vos produits avec d'autres producteurs membres de la CAPÉ (p. ex. réduction du nombre de déplacements, diminution des coûts de transport, réseautage, opportunités de partenariat)?**
- 12. Quelles sont les principales raisons qui vous *freineraient* à collaborer pour la distribution de vos produits avec d'autres producteurs membres de la CAPÉ (p. ex. problèmes de communication, enjeux de confidentialité, partage des coûts)?**

Voici quatre exemples de réseaux collaboratifs de distribution:

- a. Deux producteurs (ou plus) se rencontrent (p. ex. un stationnement) à mi-chemin entre leur ferme et l'entrepôt de Moisson-Montréal pour transférer tous les produits dans un seul camion : un seul producteur fera la livraison à l'entrepôt de Moisson-Montréal.

- b. Les producteurs amènent leurs produits à un mini-hub localisé entre leur ferme et l'entrepôt de Moisson-Montréal. La CAPÉ s'occuperait ensuite d'acheminer les produits du mini-hub jusqu'à l'entrepôt de Moisson-Montréal.
- c. Le transport serait fait par un transporteur externe (ou par la CAPÉ) qui viendrait chercher directement les produits chez les producteurs.
- d. Un producteur va collecter les produits des producteurs voisins la même journée qu'il va porter sa commande à Moisson-Montréal.

13. Quels sont les avantages que vous entrevoyez dans chacun de ces réseaux?

14. Quels sont les enjeux (p. ex. confidentialité, partage d'information, partage des coûts, performance, constance, synchronisation des visites) que vous entrevoyez avec chacun de ces réseaux?

15. Parmi les options proposées, quel serait la plus intéressante à votre avis? Pourquoi?

16. Avez-vous d'autres idées de modèles de distribution collaborative?

17. Êtes-vous disponible si j'ai besoin de vous recontacter dans la suite de cette étude? J'aimerais avoir votre opinion sur mes recommandations, avant de les présenter à la CAPÉ.

Annexe 2 : Courriel d'invitation à une entrevue

Bonjour (*nom du producteur*),

Je m'appelle Louis-Simon Frenette et je suis étudiant à la maîtrise en logistique internationale à HEC Montréal. Pour ma maîtrise, je collabore avec la CAPÉ afin de trouver de nouvelles solutions, simples, mais innovantes, pour améliorer la distribution de vos produits jusqu'à l'entrepôt Moisson-Montréal.

J'aimerais connaître vos disponibilités pour un court entretien téléphonique (ou via Skype) d'environ 30 minutes. Lors de notre entretien, nous discuterons des inefficiences du réseau de distribution actuel ainsi que de pistes de solution. Vous trouverez *ci-joint le questionnaire* que j'utiliserai pour diriger notre conversation.

Votre collaboration est entièrement volontaire, mais fortement encouragée. Étant donné que certaines des données recueillies sont identificatoires (votre nom et localisation), je dois avoir votre accord. Pour me donner votre accord, vous pouvez soit remplir le *formulaire ci-joint* ou me donner votre accord verbal juste avant notre conversation téléphonique.

Pouvez-vous me donner deux ou trois disponibilités pour un entretien téléphonique? Pouvez-vous me laisser votre numéro de téléphone ou votre identifiant Skype pour notre entretien?

Merci de bien vouloir considérer participer à ce projet puisque les résultats de nos analyses auront des impacts positifs sur vos activités quotidiennes.

Cordialement,

Louis-Simon Frenette

Retrait d'une ou des pages pouvant contenir des renseignements personnels

Résumé : L'objectif principal de ce projet est d'analyser la chaîne d'approvisionnement des paniers Bio Locaux d'hiver et de proposer un nouveau modèle de distribution pour les producteurs, jusqu'à l'entrepôt Moisson-Montréal, pour faciliter l'approvisionnement afin de desservir la région montréalaise.

2. Aspect d'éthique de la recherche

Votre organisation a accepté de participer à ce projet de recherche. Votre organisation nous a fourni votre nom comme répondant potentiel à ce projet de recherche. Votre participation à ce projet de recherche doit être totalement volontaire. Vous pouvez refuser de répondre à l'une ou l'autre des questions. Il est aussi entendu que vous pouvez demander de mettre un terme à la rencontre, ce qui interdira au chercheur d'utiliser l'information recueillie. Le comité d'éthique de la recherche de HEC Montréal a statué que la collecte de données liée à la présente étude satisfait aux normes éthiques en recherche auprès des êtres humains. Pour toute question en matière d'éthique, vous pouvez communiquer avec le secrétariat de ce comité au (514) 340-6051 ou par courriel à cer@hec.ca. N'hésitez pas à poser au chercheur toutes les questions que vous jugerez pertinentes.

3. Confidentialité des renseignements personnels obtenus

Vous devez vous sentir libre de répondre franchement aux questions qui vous seront posées. Le chercheur, de même que tous les autres membres de l'équipe de recherche, le cas échéant, s'engagent à protéger les renseignements personnels obtenus en assurant la protection et la sécurité des données recueillies, en conservant tout enregistrement dans un lieu sécuritaire, en ne discutant des renseignements confidentiels qu'avec les membres de l'équipe de recherche et en n'utilisant pas les données qu'un participant aura explicitement demandé d'exclure de la recherche.

De plus les chercheurs s'engagent à ne pas utiliser les données recueillies dans le cadre de ce projet à d'autres fins que celles prévues, à moins qu'elles ne soient approuvées par le Comité d'éthique de la recherche de HEC Montréal. **Notez que votre approbation à participer à ce projet de recherche équivaut à votre approbation pour l'utilisation de ces données pour des projets futurs qui devront toutefois être approuvés par le Comité d'éthique de recherche de HEC Montréal.**

Toutes les personnes pouvant avoir accès au contenu de votre entrevue de même que la personne responsable d'effectuer la transcription de l'entrevue, ont signé un engagement de confidentialité.

4. Protection des renseignements personnels lors de la publication des résultats

Les renseignements que vous avez confiés seront utilisés pour la préparation d'un document qui sera rendu public. Les informations brutes resteront confidentielles, mais le chercheur utilisera ces informations pour son projet de publication. Il vous appartient de nous indiquer le niveau de protection que vous souhaitez conserver lors de la publication des résultats de recherche.

- **Niveau de confidentialité**

Option 1 :

J'accepte que mon nom et ma fonction apparaissent lors de la diffusion des résultats de la recherche.

Si vous cochez cette case, les chercheurs pourront reprendre certains de vos propos en citant votre nom et votre fonction pour l'ensemble des documents ou articles de recherche produits à la suite de cette étude. De plus, le nom de votre organisation sera cité. Vous ne vous attendez à aucune protection de votre anonymat.

Option 2 :

J'accepte que ma fonction (uniquement) apparaisse lors de la diffusion des résultats de la recherche.

Si vous cochez cette case, aucune information relative à votre nom ne sera divulguée lors de la diffusion des résultats de la recherche. Par ailleurs, le nom de votre organisation sera cité. Il est donc possible qu'une personne puisse effectuer des recoupements et ainsi obtienne votre nom. Par conséquent, vous ne pouvez pas compter sur la protection de votre anonymat.

Option 3 :

Je ne veux pas que mon nom ni ma fonction apparaissent lors de la diffusion des résultats de la recherche.

Si vous cochez cette case, aucune information relative à votre nom ou à votre fonction ne sera divulguée lors de la diffusion des résultats de la recherche. Par contre, le nom de votre organisation sera cité. Il est donc possible qu'une personne puisse effectuer des recoupements et ainsi obtienne votre nom. Par conséquent, vous ne pouvez compter sur la protection absolue de votre anonymat.

- **Consentement à l'enregistrement audio de l'entrevue :**

J'accepte que le chercheur procède à l'enregistrement audio de cette entrevue.

Je n'accepte pas que le chercheur procède à l'enregistrement audio de cette entrevue.

Vous pouvez indiquer votre consentement par signature, par courriel ou verbalement au début de l'entrevue.

SIGNATURE DU PARTICIPANT À L'ENTREVUE :

Prénom et nom :

Signature : _____

Date (jj/mm/aaaa) : _____

SIGNATURE DU CHERCHEUR :

Prénom et nom : LOUIS-SIMON FRENETTE

Signature :

Date (jj/mm/aaaa) : 03/03/2020

Annexe 4 : Formulaire de consentement pour la CAPÉ

AUTORISATION DE CONSULTATION OU DE TRANSFERT DE DOCUMENTS, DE RENSEIGNEMENTS, DE DONNÉES OU DE BANQUES DE DONNÉES NE FAISANT PAS PARTIE DU DOMAINE PUBLIC ET CONTENANT DES RENSEIGNEMENTS SUR DES PERSONNES

Si vous nous autorisez à consulter la ou les banques de données listées ci-dessous, nous conserverons le présent formulaire que vous aurez signé et vous en remettrons une copie.

Contexte du projet de recherche : Réalisation d'un Mémoire à HEC Montréal.

Titre de la recherche : Conception d'un réseau de distribution pour les producteurs biologiques et de petite culture

Identification du membre ou des membres de l'équipe de recherche :

Chercheur principal : Louis-Simon Frenette

Directrices du mémoire : Marie-Ève Rancourt et Marilène Cherkesly

Nom de chacune des banques de données à consulter :

Données de ventes des fermes durant la saison hivernale 2018.

Brève description du projet de recherche :

Dans le cadre précis du présent mémoire, la consultation des données listées ci-dessus nous permettrait d'obtenir des informations importantes privilégiées concernant les ventes des producteurs durant l'année 2018, leur nom et localisation. Les autres membres de l'équipe de recherche et moi-même sommes les seules personnes qui auront accès aux données comprises dans ces données. Tous les renseignements consultés seront utilisés de façon confidentielle. De plus, aucune information permettant de retrouver l'identité des personnes sur qui portent ces données ne sera divulguée lors de la diffusion des résultats de la recherche.

Autorisation de consultation :

Ayant lu et compris le texte ci-dessus et ayant eu l'opportunité de recevoir des détails complémentaires sur l'étude, je consens à accorder à Louis-Simon Frenette, Marie-Ève Rancourt et Marilène Cherkesly l'autorisation de consulter des données listées ci-dessus pour les seules fins de la présente recherche.

Veillez cocher les options s'appliquant à ces données :

- Certaines des données remises au chercheur peuvent permettre d'identifier des individus**

- Les données remises au chercheur sont entièrement non identificatoires. Comme fiduciaire de ces données, j'ai accès à des renseignements permettant d'identifier les personnes impliquées, mais je m'engage à ne pas remettre ces informations au chercheur**

- Les données sont entièrement anonymes. Comme fiduciaire de ces données, je ne possède pas de renseignement permettant d'identifier les personnes concernées par ces données**

Nom de la personne autorisant l'accès aux données :

Signature : _____

Date (jj/mm/aaaa) : _____

Titre : _____

Organisation : _____

Retrait d'une ou des pages pouvant contenir des renseignements personnels

Annexe 6 : Caisses livrées par les producteurs durant la saison hivernale 2018-2019

Prod.	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	12A	12B	
1	96				112			132						111		95								
2	77					32																		
3					50													14		42	14	59	13	
4			69	42			72	95				191	44			65	23	142	56	103	107	79	115	
5	56		47	21			44	18								7								
6		29	108		18			70		24								94		160			132	
7	114				28	56	22	70		67					9			12		26				
8								30								31								
9			12	6		5		29				11	8					13		8				
10	260		312		372		156	152	6	236		264		372		274		208		164		252		
11					162		150	67		68	14			102		192		40			12			
12	121						184					54												
13	103																							

Amélioration du réseau de distribution des Bio-Locaux d'hiver

Louis-Simon Frenette
Marilène Cherkesly
Marie-Ève Rancourt

Louis-Simon Frenette - Marilène Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

2

Agenda

- Statistiques descriptives
- Entrevues avec les producteurs
- Modèles des réseaux de distribution
- Résultats au niveau logistique
- Résultats au niveau des coûts
- Recommandations
- Excel

Louis-Simon Frenette - Marilène Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

3

Statistiques descriptives

Saison 2018-2019

Informations sur les producteurs

Ferme	Min*	Max*	Moyenne*	Écart-type*	Nombre de commandes
1	95	132	109	15	5
2	32	77	55	32	2
3	13	59	32	21	6
4	23	191	86	44	14
5	7	56	32	19	6
6	18	160	79	53	8
7	9	114	45	35	9
8	30	31	31	1	2
9	5	29	12	8	8
10	6	372	233	99	13
11	12	192	90	66	9
12	54	184	120	65	3
13	103	103	103	-	1

*Données exprimées en caisses

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

4

Statistiques descriptives

Faits saillants

- ▀ Tailles producteurs (ex. gros, moyens, petits)
- ▀ Quantités commandées
- ▀ Fréquence des commandes
- ▀ Bref... beaucoup de variabilité



Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

5

Entrevues avec les producteurs

▀ Six producteurs interrogés

- ▀ Collaboration
- ▀ Coûts vs Temps
- ▀ Minimisation des déplacements
- ▀ Manutention et météo

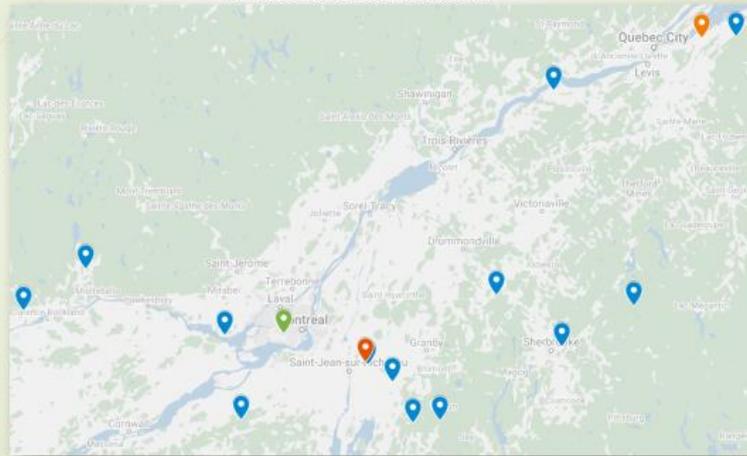


Louis-Simon Frenette - Martine Charbelly - Marie-Eve Racourt

6

Informations sur les producteurs

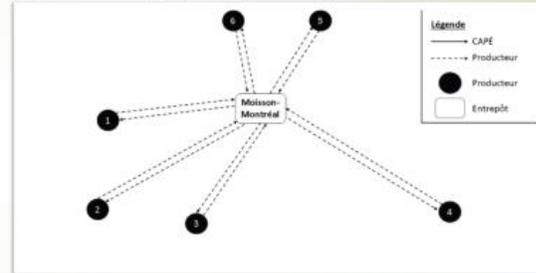
Localisation des producteurs



Louis-Simon Frenette - Martine Charbelly - Marie-Eve Racourt

Réseau de distribution actuel

Représentation graphique du réseau de distribution actuel*



7

*Version simplifiée du réseau
Tournées varient d'une semaine à l'autre

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

8

Données sur le réseau de distribution actuel

Ferme	KM	Coûts totaux estimés (CO=0\$/H)	Coûts totaux estimés (CO=1\$/H)	Coûts totaux estimés (CO=20\$/H)
1	2 627	694\$	1 174\$	1 334\$
2	517	118\$	196\$	244\$
3	1 955	297\$	595\$	773\$
4	2 393	546\$	910\$	1 129\$
5	863	228\$	359\$	438\$
6	2 303	606\$	959\$	1 169\$
7	2 683	612\$	1 020\$	1 266\$
8	1 231	325\$	512\$	625\$
9	2 727	333\$	748\$	997\$
10	2 042	613\$	923\$	1 110\$
11	3 857	1 018\$	1 605\$	1 958\$
12	1 706	259\$	519\$	675\$
13	98	26\$	41\$	50\$
Total	25 001	5 675\$	9 562\$	11 766\$

Résultats du réseau de distribution actuel

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

Avantages et désavantages du réseau de distribution actuel

Avantages

- Réseau simple
- Moins d'imprévus/problèmes potentiels au niveau des opérations que les autres réseaux

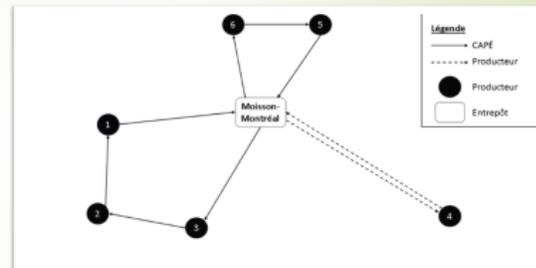
Désavantages

- Tournées peu performantes
- Coûts d'opportunité élevés
- Empreinte écologique
- Aucune collaboration
- 1 commande = 1/2 journée perdue

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

Modèle Tournées CAPÉ

Représentation graphique du modèle Tournées CAPÉ*



*Version simplifiée du réseau

Tournées varient d'une semaine à l'autre

Producteur #4 fait une tournée puisqu'il y a plus de 240 caisses dans sa commande

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

11

Camion CAPÉ

- Nouveau chauffeur
- Max six heures par route*
- Cueillette en matinée (5h00 à 12h00)
- Partage des coûts entre les producteurs
- Capacité : 240 caisses (8 palettes)



*6 heures si on visite producteur. #6

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesy - Marie-Ève Rancourt

12

Données sur le modèle Tournées CAPÉ

Ferme	KM	Coûts totaux estimés (CO=0\$/H)	Coûts totaux estimés (CO=1.5\$/H)	Coûts totaux estimés (CO=20\$/H)
1	0	1 030\$	1 030\$	1 030\$
2	0	143\$	143\$	143\$
3	0	748\$	748\$	748\$
4	0	806\$	806\$	806\$
5	0	293\$	293\$	293\$
6	0	900\$	900\$	900\$
7	0	880\$	880\$	880\$
8	0	412\$	412\$	412\$
9	0	901\$	901\$	901\$
10	1 256	730\$	973\$	1 054\$
11	0	1 553\$	1 553\$	1 553\$
12	0	236\$	236\$	236\$
13	0	25\$	25\$	25\$
CAPÉ	15 958			
Total	17 214	8 656\$	8 895\$	8 980\$

Résultats du modèle Tournées CAPÉ

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesy - Marie-Ève Rancourt

13

Avantages et désavantages du modèle Tournées CAPÉ

Avantages

- Tournées très performantes en comparaison au réseau actuel
- Gains en temps considérables pour les producteurs
- Camion disponible en matinée

Désavantages

- Gestion d'un employé supplémentaire
- Gestion des tournées

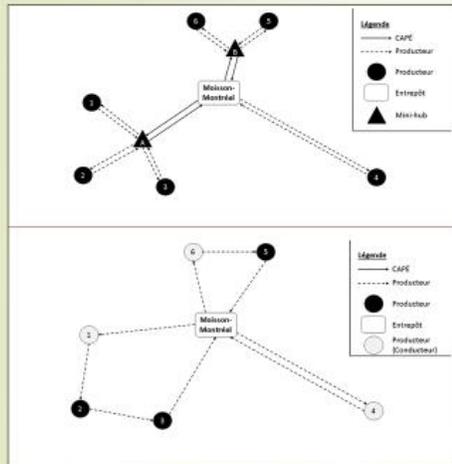
Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

14

Solutions collaboratives



Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt



15

Autres modèles considérés

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

16

Résultats au niveau logistique

- Tournées CAPÉ minimise la distance totale
- Tournées CAPÉ minimise la distance totale parcourue par les producteurs

Distance parcourue (en KM)

	Réseau actuel	Tournées CAPÉ
Km total	25 001	17 214
Km CAPÉ	0	15 958

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

17

Résultats au niveau logistique

Nombre de voyages par producteur, par modèle

Producteur	Réseau actuel	Tourées CAPÉ
1	6	0
2	2	0
3	6	0
4	19	0
5	6	0
6	8	0
7	11	0
8	2	0
9	8	0
10	13	8
11	9	0
12	8	0
13	1	0
Total	99	8

- Le modèle Tourées CAPÉ minimise le nombre de voyages par producteur.
- La ferme 10 doit faire ses propres tournées huit fois puisque les commandes dépassent la capacité du camion de la CAPÉ.

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

18

Résultats au niveau des coûts

Coûts approximatifs par producteur, par modèle

	Coûts totaux estimés (Coûts opportunité=0\$/H)	Coûts totaux estimés (Coûts opportunité=15\$/H)	Coûts totaux estimés (Coûts opportunité=20\$/H)
Réseau actuel	5 675\$	9 562\$	11 766\$
Tourées CAPÉ	8 656\$	8 899\$	8 980\$

- Sans prendre en considération les coûts d'opportunité, le réseau actuel semble moins coûteux
 - Mais en réalité, le temps perdu à emmener les produits à Moisson-Montréal ne doit pas être ignoré

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

Méthodes de partage des coûts

Réseau actuel	Proportionnelle - Hebdo.	Proportionnelle - Route
11%	1%	1%
2%	0%	0%
8%	1%	-1%
10%	0%	0%
3%	-1%	1%
9%	0%	1%
11%	-1%	-2%
5%	0%	-1%
11%	-1%	-1%
8%	-1%	3%
15%	2%	1%
7%	-1%	-1%
0%	0%	0%
écart-type	1%	1%

Partage des coûts

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

Partage des coûts entre les producteurs

- Partage des coûts de façon **proportionnelle à la distance et hebdomadaire**
 - Coûts divisés selon la distance qu'auraient parcourue les producteurs dans le réseau de distribution actuel
 - Méthode simple, précise et régulière
 - Pas de méthode de partage **100 %** parfaite

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

21

Pourquoi combiner les semaines A et B?

- Performance significativement plus élevée
- Moins de déplacements
- Meilleure utilisation de la capacité du camion de la CAPÉ
- 1 semaine sur 2

Comparaison entre le plan de livraison régulier et la combinaison des semaines A et B (en KM).

Modèle	KM
Semaines AB combinées	13 969
Réseau optimal	17 214

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

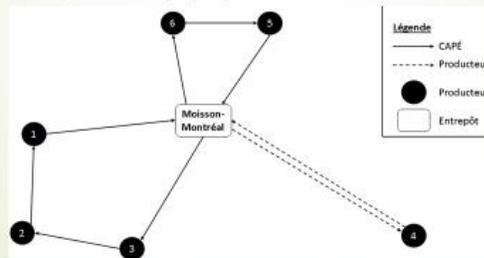
22

En résumé

Recommandations pour le modèle Tournées CAPÉ

Modèle	Partage des coûts	Combinaison des semaines A-B
Tournées CAPÉ	Proportionnelle Hebdomadaire	Si possible

*Représentation graphique du modèle Tournées CAPÉ**

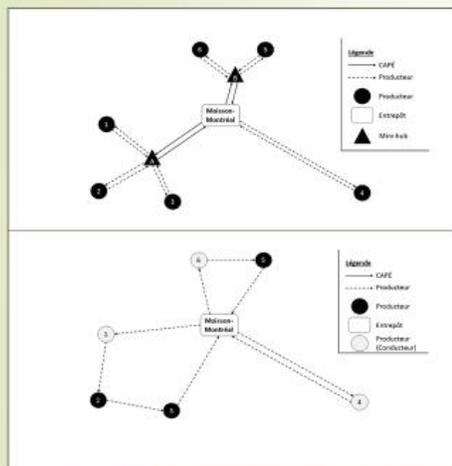


Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

Merci! Questions?

► Louis-simon.frenette@hec.ca ✉

Louis-Simon Frenette - Martine Cherksey - Marie-Ève Rancourt



Autres modèles considérés (annexe)

Louis-Simon Frenette - Martine Cherksey - Marie-Ève Rancourt

Autres modèles considérés (annexe)

Coûts approximatifs par producteur, par modèle

	Réseau actuel	Tourées CAPÉ	Mini-hubs	Tourées Producteurs
Coûts totaux estimés (Coûts opportunité=0\$/H)	5 675\$	8 656\$	6 617\$	4 873\$
Coûts totaux estimés (Coûts opportunité=15\$/H)	9 562\$	8 899\$	9 510\$	8 609\$
Coûts totaux estimés (Coûts opportunité=20\$/H)	11 766\$	8 980\$	10 474\$	9 855\$

Distance parcourue (en KM) pour la saison hivernale 2018-2019, par modèle)

	Réseau actuel	Tourées CAPÉ	Mini-Hubs	Tourées Producteurs
Km Total	25 001	17 214	20 664	20 322
Km CAPÉ	0	15 958	5 964	0

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt

Autres modèles considérés (annexe)

Nombre de voyages par producteur, par modèle

Producteur	Réseau actuel	Tourées CAPÉ	Mini-hubs CAPÉ	Tourées Producteurs
1	6	0	6	6
2	2	0	2	1
3	6	0	9	2
4	19	0	13	13
5	6	0	4	1
6	8	0	6	8
7	11	0	9	5
8	2	0	2	2
9	8	0	8	1
10	13	8	13	13
11	9	0	9	5
12	8	0	3	3
13	1	0	1	1
Total	99	8	85	61

Louis-Simon Frenette - Martine Cherkesly - Marie-Ève Rancourt